

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
UNIDADE ACADÊMICA HUMANIDADES, CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA COMO FERRAMENTA
DE ANÁLISE AMBIENTAL DA APA/BACIA DO RIO MAIOR

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais da
Universidade do Extremo Sul
Catarinense - UNESC, como
requisito parcial para a obtenção do
título de Mestre em Ciências
Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José
Back

CRICIÚMA
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

P436c Pereira, Jóri Ramos.

Caracterização hidrológica como ferramenta de análise ambiental da APA/Bacia do Rio Maior / Jóri Ramos Pereira ; orientador : Álvaro José Back. – Criciúma, SC : Ed. do Autor, 2016.

103 p. : il.; 21 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2016.

1. Planejamento ambiental. 2. Análise ambiental. 3. Gestão ambiental. 4. Bacias hidrográficas – Características. 5. Hidrologia. 6. Geoprocessamento. I. Título.

CDD. 22^a ed. 363.7




unesc

Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC
Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão
Unidade Acadêmica de Humanidades, Ciências e Educação
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

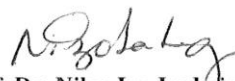
PARECER

Os membros da Banca Examinadora homologada pelo Colegiado de Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (Mestrado) reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO apresentada pelo candidato **JORI RAMOS PEREIRA** sob o título: **“Caracterização Hidrológica como Ferramenta de Análise Ambiental da Bacia/APA do Rio Maior”**, para obtenção do grau de **MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, os membros são de parecer pela **“APROVAÇÃO”** da Dissertação.

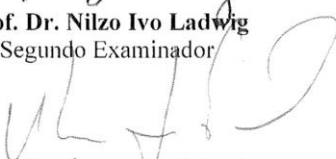
Criciúma/SC, 15 de fevereiro de 2016.



Prof. Dr. Tadeu de Souza Oliveira
Primeiro Examinador



Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig
Segundo Examinador



Prof. Dr. Alvaro José Back
Presidente da Banca e Orientador

Dedico esta conquista ao meu filho
Kadu.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por me apoiar em todos os momentos importantes da minha vida.

A minha amada esposa por sempre me apoiar e incentivar minhas atitudes.

Ao meu amigo biólogo Jader Lima Pereira pela sua amizade

Aos meus amigos engenheiros João Paulo Casagrande da Rosa e Jonas Mangili pela irmandade que construímos trabalhando juntos.

Ao Engenheiro Vilson P. Belletini meu chefe que contribuiu muito para meu crescimento profissional e pessoal.

Ao Geólogo Gustavo Simão e ao engenheiro Fernando Basquiroto de Souza por não medirem esforços para ajudar nesse trabalho.

A todos os amigos e colegas de trabalho do IPAT pelo incentivo e apoio técnico.

Ao professor Nilzo Ivo Ladwig por acreditar no meu trabalho como profissional e como seu aluno.

Ao Professor Álvaro José Back por ter aceitado me orientar e ter contribuído me guiando nesse trabalho.

Ao Professor Tadeu de Souza Oliveira, por ter aceito fazer parte como banca desse trabalho e pela sua amizade.

“Não se preocupe tanto com o sucesso, preocupe-se com a excelência, pois com a excelência virá o sucesso”.

Desconhecido.

RESUMO

O conhecimento sobre as características hidrológicas de bacias hidrográficas é fundamental para o planejamento ambiental, de práticas de manejo e conservação da água e solo que visem a redução dos problemas ambientais relacionados à vazão ambiental, morfometria e perda de solos pela erosão hídrica, gerando dados confiáveis para o aproveitamento hídrico, contribuindo para a agricultura, planejamento ambiental e a vida humana. Este trabalho teve como objetivo realizar a caracterização hidrológica e relacionar com aspectos ambientais da bacia hidrográfica do Rio Maior que delimita a APA localizada na cidade de Urussanga – SC. Foram determinados os parâmetros morfométricos relacionados a forma da bacia, sistema de drenagem, relevo e estimado a vazão ambiental por meio da determinação dos parâmetros hidrológicos Q_{7-10} e as curvas de permanência Q_{90} e Q_{95} . Foi estimada também a taxa de erosão hídrica, pelo método da equação universal da perda de solo (USLE). Neste estudo, utilizou-se a técnica de geoprocessamento em ambiente SIG (Sistema Geográfico de Informações) para auxílio na determinação e espacialização dos resultados. Nos lugares onde a erodibilidade é de 120 a 200 t.ha⁻¹, ou maiores que 200 t.ha⁻¹.ano⁻¹, ou seja, 5,52% e 8,20% da área respectivamente, observou-se a influência do forte índice de perda do solo com a ocupação às margens da SC-108, que corta a área de estudo e com práticas minerárias. Os índices morfométricos apontaram uma bacia não sujeita a enchentes extremas, o coeficiente de compacidade (K_c) foi 2,201 e o fator de forma (K_f) de 0,262, a (Rea) razão de alongação corresponde a 0,577. O índice de circularidade (I_c) é 0,206 o que indica uma forma mais alongada da bacia, representando um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. A densidade de drenagem (D_d) da área é de 4,631 km km⁻², definindo um alto nível de densidade de drenagem. A sinuosidade da bacia é de (S_{in}) 1,873 e o índice de sinuosidade é de (I_s) 46,612% o que aponta para um rio sinuoso de classe IV. O sistema de drenagem é classificado como uma bacia marítima e exorreica (escoamento das águas para o mar) com padrão de drenagem predominante dendrítico. A vazão ambiental Q_{7-10} da bacia é de 29 l. s⁻¹, com vazões Q_{90} e Q_{95} de 159 e 119 l. s⁻¹. Por fim, este estudo contribui para o planejamento ambiental e gestão territorial de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Hidrologia. Meio Ambiente. Geoprocessamento. Bacia hidrográfica.

ABSTRACT

Knowledge of the hydrological characteristics of watersheds are critical to environmental planning and management practices and conservation of water and soil aimed at reducing environmental problems related to environmental flow, morphology and soil loss by water erosion, generating reliable data for water use, contributing to agriculture, environmental planning and human life. This study aimed to carry out hydrological characterization and relate to environmental aspects of the watershed of the Rio Maior which borders the APA located in Urussanga - SC. They were determined morphometric parameters related to the shape of the basin, drainage system and relief of the basin, and estimated environmental flow through the determination of hydrological parameters Q7-10 and retention curves Q90 and Q95. It was also estimated hydro erosion rate, by the method of universal equation of soil loss (USLE). In this study, we used the GIS technique in GIS (Geographic Information System) to help determine and spatial distribution of results. In places where the erodibility is 120 to 200 t ha⁻¹, or greater than 200 t ha⁻¹ .year⁻¹, i.e., 5.52% and 8.20% respectively the area was observed to influence of strong soil loss rate with the occupation on the banks of the SC-108, which crosses the study area and mining practices. Morphometric indexes pointed to a bowl not subject to extreme floods, the compactness coefficient (Kc) was 2,201 and the form factor (KF) of 0.262 in (Rea) elongation ratio corresponds to 0.577. The roundness index (Ic) is 0.206 which indicates a more elongated shape of the basin, representing a moderate level of flow and does not contribute to the concentration of water to enable quick flooding. The drainage density (DD) is an area of 4.631 km, 2 km, setting a high level of drainage density. The sinuosity of the basin is (Sin) 1,873 and the sinuosity index is (Is) 46.612%, which points to a winding river class IV. The drainage system is classified as a maritime basin and exorreica (runoff to the sea) with standard dendritic predominant drainage. Environmental flow Q7-10 basin is 29 l. s⁻¹, with flow rates Q90 and Q95 of 159 to 119 l. s⁻¹. This study is crucial for business planning and land management, environmental and watershed, because it presents information for decision-making on hydrological characterization of the basin of Rio Maior.

Keywords: Hydrology. Environment. Geoprocessing. Hydrographic basin.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Método Silveira (1997) para vazão mínima.....	38
Figura 2 – Estrutura geográfica de informações em bacias hidrográficas.....	40
Figura 3 – Estrutura de um SIG.....	43
Figura 4 – Representação do elemento vetor e raster (matriz) respectivamente.....	45
Figura 5 – Localização da APA/bacia hidrográfica do Rio Maior inscrita na bacia do rio Urussanga, SC.....	53
Figura 6 – Bloco diagrama com as principais etapas metodológicas de trabalho utilizadas na pesquisa.	55
Figura 7 – Mapa hidrológico.....	69
Figura 8 – Fotos dos taludes de investigativa pedológica na bacia hidrográfica do Rio Maior.....	70
Figura 9 – Mapa pedológico.....	71
Figura 10 – Mapa de uso e ocupação da terra.	73
Figura 11 – (A) Foto do limite da vegetação secundária e pastagem, (B) foto de reflorestamento e (C) práticas de plantio, obtidas em saída de campo datada de maio de 2015.	74
Figura 12 – Mapa de declividade	76
Figura 13 – Distribuição da altimetria.....	79
Figura 14 – Representação de etapas para o mapeamento de erosão hídrica.....	83
Figura 15 – Mapa de erosão hídrica determinado pela Equação Universal de Perda de Solo (<i>USLE</i>).	85
Figura 16 – Mapa de vazão ambiental Q_{7-10} obtido pelo método de Silveira (1997).....	88
Figura 17 – Bloco diagrama de tomada de decisão de um plano de bacia..	94
Gráfico 1 – Distribuição altimétrica.....	78
Gráfico 2 – Ajuste dos dados a distribuição de Gumbel	87
Gráfico 3 – Curva de permanência de vazões mensais	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação das declividades conforme De Biasi (1993)....	51
Tabela 2- Classificação das declividades conforme Embrapa.....	51
Tabela 3- Classificação de Sinuosidade	60
Tabela 4- Classificação dos valores de densidade de drenagem	61
Tabela 5- Valores de K (Erosidibilidade do solo)	62
Tabela 6- Valores de C (Cobertura vegetal).....	63
Tabela 7- Valores de P - Praticas conservacionistas	64
Tabela 8- Softwares utilizados	66
Tabela 9- Relação de ordem dos rios da bacia hidrográfica do Rio Maior.....	68
Tabela 10- Distribuição pedológica na bacia do Rio Maior.....	71
Tabela 11- Distribuição do uso e ocupação da terra da bacia.	72
Tabela 12- Tabela de declividade da bacia do Rio Maior conforme (De Biasi 1993).....	75
Tabela 13 – Distribuição hipsométrica.....	77
Tabela 14 – Dados morfométricos primários.	80
Tabela 15 – Índices de forma da bacia.	81
Tabela 16 – Índices relativos ao sistema de drenagem.....	82
Tabela 17 – Índices da erodibilidade do solo	84
Tabela 18 – Vazão mínima no período de 7 dias.	86
Tabela 19 – Vazão mínima no período de 7 dias.	87
Tabela 20 – Tabela de permanencia Q_{90} e Q_{95} e vazão ambiental das otobacias hidrograficas inseridas na bacia do Rio Maior em $L. s^{-1}$	89

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Coeficiente de compacidade.....	58
Equação 2 - Fator de forma ou Índice de conformação.....	58
Equação 3 - Índice de circularidade	58
Equação 4 - Razão de Elongação	59
Equação 5 - O índice entre o comprimento e a área da bacia.....	59
Equação 6 - Coeficiente de manutenção	59
Equação 7 - Sinuosidade do curso d'água ou índice de sinuosidade.....	60
Equação 8-Sinuosidade do curso d'água.....	60
Equação 9 - Densidade de drenagem	60
Equação 10 - Extensão média do escoamento superficial.....	61
Equação 11 - Densidade dos rios ou densidade hidrográfica	61
Equação 12 – Equação Universal da Perda de Solos	62
Equação 13 – Fator LS	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAE - Avaliação Ambiental Estratégica
AAI - Avaliação Ambiental Integrada
AIA - Avaliações de Impactos Ambientais
AMREC - Associação dos Municípios da Região Carbonífera
AMREC- Associação dos Municípios da Região Carbonífera
ANA - Agência Nacional de Águas
APA – Área de Proteção Ambiental
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
DSG - Diretoria de Serviço Geográfico
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDT – Modelo Digital do Terreno
NEPA - *National Environmental Policy Act*
ONG - Órgãos Não Governamentais
ONU – Organização das Nações Unidas
SDS - Secretária de Desenvolvimento Econômico e Sustentável de Santa Catarina
SIG - Sistema de Informações Geográficas
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC - Unidades de Conservação
USLE - *Universal Soil Loss Equation*
UTM - Universal Transversa de Mercator
VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
2 OBJETIVOS	30
2.1 OBJETIVO GERAL	30
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	31
3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS LEGAIS	31
3.1.1 Decreto Federal nº 4.340, de 22 de agosto de 2002	31
3.1.2 APA- Área de Proteção Ambiental.....	32
3.2 HIDROLOGIA.....	33
3.2.1 Bacia Hidrográfica	33
3.2.1.1 Gestão de Bacias Hidrográficas	34
3.2.2 Vazão ambiental, mínima, ecológica ou de outorga	35
3.2.3 Vazão $Q_{7,10}$	36
3.2.4 Vazão de permanência $Q_{95\%}$ $Q_{90\%}$	37
3.2.5 Modelos Chuva-vazão	37
3.2.6 Método Silveira.....	37
3.2.7 Classificação e caracterização física da bacia	38
3.4 AVALIAÇÕES DE IMPACTOS AMBIENTAIS	39
3.4.1 Indicadores ambientais espaciais dos recursos hídricos	39
3.4.2 Utilização de técnicas de sensoriamento remoto geoprocessamento em estudos ambientais	41
3.5 EROÇÃO HÍDRICA	41
3.6 CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO	42
3.6.1 Carta Temáticas	43
3.6.2 Dados raster (matricial) e vetorial	44
3.6.3 Geoprocessamento e recursos hídricos.....	45
3.7 SENSORIAMENTO REMOTO	46
3.7.1 Fotointerpretação	46
3.8 SISTEMA DE COORDENADAS / DATUM.....	46
3.8.1 Coordenadas UTM - Universal Transversa de Mercator	47
3.9 OBTENÇÃO DE DADOS ESPACIAIS	47
3.9.1 Integração de dados espaciais	48
3.10 MAPAS BASE.....	48
3.10.1 Hidrológico.....	48
3.10.2 Pedológico	49
3.10.3 Uso e ocupação da terra.....	49
3.10.4 Declividade.....	50
3.10.5 Hipsométrico.....	51
4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	52

5 METODOLOGIA	54
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	68
6.1 MAPAS BASE.....	68
6.1.1 Mapa hidrológico.....	68
6.1.2 Mapa Pedológico	70
6.1.3 Mapa de uso ocupação da terra	72
6.1.4 Mapa de declividade.....	74
6.1.5 Mapa hipsométrico.....	77
6.2 DADOS MORFOMÉTRICOS	80
6.3 EROSÃO HÍDRICA	82
6.4 CARTA DE VAZÃO AMBIENTAL $Q_{7,10}$ E CURVA DE PERMANÊNCIA Q_{90} E Q_{95}	86
6.5 ANÁLISE E GESTÃO AMBIENTAL	91
7 CONCLUSÃO	95
REFERÊNCIAS	97

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento econômico do município de Urussanga, inserido na região da AMREC- Associação dos Municípios da Região Carbonífera, onde está localizada a APA/bacia do Rio Maior, houve o aumento da demanda pelo uso dos recursos naturais. Isso acarreta em maior exploração ambiental afetando principalmente o solo e a água, ocasionando conflitos e tensões geo-espaciais, dessa forma nasce uma demanda por instrumentos que sustentem o entendimento ambiental da área de estudo.

A expansão urbana de Urussanga e o aumento na demanda por subsídios de vida, também influenciam a degradação dos solos e recursos hídricos. Junto a isso, o mau uso de técnicas de manejo do solo e água e a má conservação podem ser fatores limitantes a processos físicos, químicos e biológicos de suas camadas mais produtivas (MIRANDA et al., 2012).

A bacia do Rio Maior está inserida na bacia hidrográfica do Rio Urussanga que é considerada como uma área crítica com relação a disponibilidade e qualidade das águas em função principalmente da degradação provocado pela mineração. O abastecimento público se dá principalmente pelos contribuintes localizados na margem esquerda do Rio Urussanga, entre os quais o principal é o Rio Maior. Em função disto, é importante o conhecimento da disponibilidade das águas dos rios, como forma de atender as necessidades atuais e futuras da população (ESTADO DE SANTA CATARINA, 1997).

A Área de Proteção Ambiental (APA) da bacia do Rio Maior foi criada em 1998, aumentando a responsabilidade dos agentes responsáveis para caracterização hidrológica e análise ambiental da área, que servirão como ferramenta de planejamento ambiental e territorial.

Esse trabalho é inovador para a gestão da água e do solo, pois traz uma união de metodologias hidrológicas que geram informações sobre as condições de vazão ambiental Q_{7-10} , Q_{90} e Q_{95} , parâmetros morfométricos e de erosão hídrica através da Equação Universal da Perda de Solo, servindo de suporte para o gerenciamento e análise ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi utilizar a caracterização hidrológica como ferramenta de análise ambiental da bacia hidrográfica/APA do Rio Maior.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecer os parâmetros morfométricos da bacia;
- Gerar mapas temáticos base: i) declividade, ii) hidrológico, iii) hipsométrico, iv) pedológico, v) uso e ocupação da terra, para subsidiar a caracterização hidrológica;
- Estimar a erosão hídrica da bacia, através da Equação Universal de Perda de Solos (*USLE*);
- Elaborar mapa hidrológico com a vazão ambiental $Q_{7,10}$ para as ottobacias hidrográficas.
- Demonstrar a aplicabilidade da caraterização hidrológica na análise ambiental.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS LEGAIS

A bacia hidrográfica do Rio Maior define a Área de Proteção Ambiental do Rio Maior, por este motivo alguns referenciais legais da criação, obrigações e gestão da APA serão discutidos.

3.1.1 Decreto Federal nº 4.340, de 22 de agosto de 2002

Esse decreto regulamenta a criação de unidades de conservação dispostas pelo SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Em seu CAPÍTULO I “DA CRIAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO” institui-se que:

Art. 2º O ato de criação de uma unidade de conservação deve indicar:

I - a denominação, a categoria de manejo, os objetivos, os limites, a área da unidade e o órgão responsável por sua administração;

II - a população tradicional beneficiária, no caso das Reservas Extrativistas e das Reservas de Desenvolvimento Sustentável;

III - a população tradicional residente, quando couber, no caso das Florestas Nacionais, Florestas Estaduais ou Florestas Municipais;

IV as atividades econômicas, de segurança e de defesa nacional envolvidas.

Art. 3º A denominação de cada unidade de conservação deverá basear-se, preferencialmente, na sua característica natural mais significativa, ou na sua denominação mais antiga, dando-se prioridade, neste último caso, às designações indígenas ancestrais.

Art. 4º Compete ao órgão executor proponente de nova unidade de conservação elaborar os estudos técnicos preliminares e realizar, quando for o caso, a consulta pública e os demais procedimentos administrativos necessários à criação da unidade.

Art. 5º A consulta pública para a criação de unidade de conservação tem a finalidade de

subsidiar a definição da localização, da dimensão e dos limites mais adequados para a unidade.

§ 1º A consulta consiste em reuniões públicas ou, a critério do órgão ambiental competente, outras formas de oitiva da população local e de outras partes interessadas.

§ 2º No processo de consulta pública, o órgão executor competente deve indicar, de modo claro e em linguagem acessível, as implicações para a população residente no interior e no entorno da unidade proposta (BRASIL, 2002).

3.1.2 APA- Área de Proteção Ambiental

Instituída em 27 de Novembro de 1998 sob a Lei Municipal nº 1.665, foi legalmente instituída a criação da área de proteção ambiental do Rio Maior. Em seu CAPÍTULO I “DAS OBRIGAÇÕES PRELIMINARES” diz que:

Art. 1º Fica instituída a Área de Proteção Ambiental do Rio Maior - APA - do Rio Maior com objetivo de garantir a conservação de expressivos remanescentes de mata aluvial e dos recursos hídricos ali existentes; melhorar a qualidade de vida da população residente através da orientação e disciplina das atividades econômicas locais; fomentar o turismo ecológico, a educação ambiental e a pesquisa científica; preservar o patrimônio cultural e arquitetural do meio rural, além de proteger espécies ameaçadas de extinção (URUSSANGA, 1998).

No CAPÍTULO III “DA RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO AMBIENTAL E DAS ZONAS DE PRESERVAÇÃO E CONSERVAÇÃO”, comenta-se que o poder público precisa para recuperar e proteger o meio ambiente que corresponde à bacia hidrográfica do Rio Maior, precisa tomar algumas medidas, como: Macrozoneamento; incentivos financeiros para controle da poluição hídrica. Ainda no CAPÍTULO II, Art. 4º referente ao zoneamento normatiza-se:

§1º - Na Zona de Uso Agropecuário é vedada a utilização de agrotóxicos e outros biocidas que

ofereçam riscos sérios na sua utilização, inclusive no que se refere ao seu poder residual.

§2º - O cultivo da terra será feito de acordo com as práticas de conservação do solo recomendadas pelos órgãos oficiais de extensão agrícola.

§3º - Não é admitido o pastoreio excessivo, considerando-se como tal aquele capaz de acelerar sensivelmente o processo de erosão.

Art.6º As áreas de terras baixas, de formação aluvial ou hidromórfica, nas margens de rios e córregos e em depressões topográficas contínuas, serão preferencialmente destinadas à agropecuária, à silvicultura e às unidades de conservação ecológica.

Parágrafo único. O prazo para recuperação destas áreas não será superior a 03 (três) anos (URUSSANGA, 1998).

3.2 HIDROLOGIA

Hidrologia é a ciência que trata da água desde sua ocorrência, circulação e distribuição até suas propriedades físicas e químicas, relacionando-as com o meio ambiente assumindo sua relação com as formas vivas (CHOW, 1959, apud TUCCI, 2000).

3.2.1 Bacia Hidrográfica

De acordo com Tucci (2006), todo rio possui uma bacia hidrográfica. Considerando esta toda a área que contribui por gravidade, ou seja, declive para os pontos mais baixos (talvegues). Esta área é definida pela topografia da superfície, no entanto, a geomorfologia, a hidrogeologia. Esta diferença pode ser significativa para bacias pequenas e para formações geológicas específicas. Na mesma linha Back (2006) diz que, bacia hidrográfica é composta pela área da superfície, que através do escoamento, drenam as águas pluviais, até a sua foz. Back (2014) completa dizendo que bacia hidrográfica é o limite cujos escoamentos superficiais e subterrâneos direcionam as águas para uma saída única. Essa é a unidade de trabalho quando nos referimos às bacias hidrográficas.

Com relação aos aspectos hidrológicos, as características principais da bacia hidrográfica são: i) área de drenagem ii) o

comprimento do rio principal iii) declividade do rio e a iv) declividade da bacia. Em geral rios possuem um trecho superior, onde a declividade não é muito grande, seguido e por um trecho médio de grande declividade e no seu trecho inferior a declividade é pequena onde o rio tende a meandrar.

Diversos fatores influenciam no ciclo hidrológico de uma bacia como: i) Tipo e uso do solo e vegetação ii) uso e ocupação da terra iii) declividade altitude.

Assim, sempre que se tem como estudo uma bacia hidrográfica esses fatores devem ser levados em consideração, visando a importância na ligação com os recursos naturais.

3.2.1.1 Gestão de Bacias Hidrográficas

A gestão de recursos hídricos inserida no planejamento ambiental e territorial das bacias hidrográficas ganhou força no início dos anos 1990 com o acordo da Rio-92. Diz o primeiro princípio diz que a gestão dos recursos hídricos, para ser efetiva, deve ser integrada e considerar todos os aspectos, físicos, sociais e econômicos. Para que essa integração tenha o foco adequado, sugere-se que a gestão esteja baseada nas bacias hidrográficas (WMO, 1992).

A questão principal da gestão é a integração dos vários aspectos que interferem no uso dos recursos hídricos e na sua proteção ambiental. A bacia hidrográfica permite essa abordagem integrada, diz Yassuda (1993, p. 8): “a bacia hidrográfica é o palco unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural”.

A Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, deu ao Brasil um novo rumo, a política de recursos hídricos, que organizou o sistema de gestão, concretizou então a gestão por bacias hidrográficas. Hoje no Brasil, os recursos hídricos devem ter sua gestão organizada por bacias hidrográficas. Há certamente dificuldades em se lidar com esse limite geográfico, uma vez que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental, entre outros, e a cada um desses setores corresponde uma divisão administrativa certamente distinta da bacia hidrográfica (PORTO; PORTO, 2008).

A Lei n. 9.433 normatiza a Política Nacional de Recursos Hídricos a água como um bem de domínio público, dotado de valor econômico, cujos usos prioritários são o abastecimento humano e de animais, cuja gestão deve tomar como unidade territorial a bacia

hidrográfica. Indica, como diretriz geral de ação, a gestão integrada, e como instrumentos para viabilizar sua implantação os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água e o sistema de informação sobre recursos hídricos e a compensação aos municípios.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos estabelecido pela Lei n. 9.433 deve cumprir os seguintes objetivos: i) coordenar a gestão integrada das águas; ii) arbitrar administrativamente os conflitos ligados ao uso da água; iii) implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; iv) planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; v) promover a cobrança pelo uso da água.

As atividades hídricas em uma bacia hidrográfica são individualistas piorando à medida que diminui a disponibilidade da água. A forma de dar sustentabilidade e equidade a essa competição foi definida pela Lei n. 9.433/97 e ela se dá por meio da instância de decisão local que são os Comitês de Bacia Hidrográfica.

A gestão sustentável dos recursos hídricos necessita de um conjunto mínimo de instrumentos principais como: i) uma base de dados e informações socialmente acessível; ii) a definição clara dos direitos de uso; iii) controle dos impactos sobre os sistemas hídricos e iv) processo de tomada de decisão.

Um grande desafio da gestão sustentável dos recursos hídricos é harmonizar as condutas dos diferentes agentes, nas esferas estadual órgãos da administração e concessionários e municipal, que têm responsabilidades no aproveitamento de recursos hídricos, além, é claro, dos agentes privados. Formas incentivadas de adesão de todo o conjunto de agentes (e não somente dos municípios, conforme previsto no instrumento econômico citado anteriormente) podem trazer grandes benefícios à gestão integrada da bacia hidrográfica.

3.2.2 Vazão ambiental, mínima, ecológica ou de outorga

Silveira (1997) comenta que o conhecimento das vazões mínimas das bacias é básico em estudos de disponibilidades hídricas e preservação ambiental, pois estão ligados a períodos extremos de oferta de água pelo curso de água. Das vazões mínimas dependem as avaliações de pequenos aproveitamentos hidrelétricos, sistemas de irrigação e de abastecimento de água em perímetros urbanos, assim

como estudos de qualidade de água e de apoio à instrução de processos de outorga de uso dos recursos hídricos.

Na mesma linha Silva (2010), afirma que o estabelecimento de um regime de vazões ecológicas é uma das questões mais relevantes para o adequado gerenciamento ambiental de um curso d'água, pois envolve o tratamento de demandas geralmente conflitantes e está associado a um contexto de causas e efeitos que envolvem praticamente todo o ecossistema da região.

Segundo a Eletrobrás (1985), a vazão ambiental é aquela que deve ficar a jusante dos empreendimentos hidráulicos, de modo a satisfazer a todos os usos previsto pela Política Nacional de Recursos Hídricos e legislações aplicáveis, ou seja, a vazão restante de um processo hidrológico deve satisfazer as demandas: i) sanitárias; ii) ecológicas; iii) abastecimento humano e industrial; iv) reprodução da fauna e ictiofauna; v) irrigação; vi) lazer, dentre outros.

Neste contexto a vazão ecológica, ambiental ou mínima, é a demanda necessária de mantê-la em um rio de forma a assegurar a manutenção e a conservação dos ecossistemas aquáticos naturais, dos aspectos paisagísticos, e de interesses científicos ou culturais.

Para suprir a deficiência da rede hidrométrica no Brasil uma técnica que tem sido utilizada com resultados satisfatórios é a regionalização hidrológica.

Tamiosso (2012) ressalta os problemas pela defasagem da rede hidrometeorológica do Brasil, o que dificulta o ajuste ou calibração dos modelos hidrológicos nos modelos convencionais, método que exige um maior tempo de monitoramento. Outra defasagem se caracteriza pela escala dos trabalhos de vazão mínima, ou seja, poucos trabalhos se encontram em grandes escalas (bacia hidrográfica). Em resposta a esses desafios que Silveira (1997) desenvolveu uma metodologia que combina chuva-vazão simplificado diminuindo a amostragem de vazões (no mínimo 3) nos períodos de estiagem, dessa forma garantindo a confiança da curva de permanência, dando subsídio para gestão de recursos hídricos.

3.2.3 Vazão $Q_{7,10}$

Segundo Silveira, Moura e Andrade (2006), o cálculo da vazão mínima de sete dias consecutivos e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) possui parâmetros hidrológicos importantes para aplicação nos estudos de planejamento e gestão do uso dos recursos hídricos.

A $Q_{7, 10}$ é a vazão mínima de sete dias consecutivos em um período de retorno de 10 anos. Seu valor é obtido através de extrapolação das vazões mínimas de sete dias consecutivos de cada ano para o período de retorno desejado (BENETTI et al., 2003).

3.2.4 Vazão de permanência $Q_{95\%}$ $Q_{90\%}$

A $Q_{95\%}$ e $Q_{90\%}$ são vazões de permanência, e seus valores se referem a uma vazão que foi superada ou igualada, respectivamente, em 95% e 90% do tempo correspondente à série de vazões observadas. Segundo Shao et al. (2008), as principais funções de distribuição relativa às vazões mínimas são Weibull, Gumbel, Log-normal.

3.2.5 Modelos Chuva-vazão

Os modelos de chuva-vazão surgiram com a necessidade de obtenção de séries de vazão mais prolongada na utilização de projetos que utilizam os dados hidrológicos. A partir de uma série de dados de precipitação esses modelos calculam a vazão juntamente com os dados de evaporação e parâmetros fisiográficos.

3.2.6 Método Silveira

O método desenvolvido por Silveira (1997) constitui-se de observações de hidrogramas tempo de concentração menor que um dia. Dessa forma esse método para pequenas bacias considera que o tempo de concentração seja menor que um dia, e serve para determinação da vazão mínima em períodos de estiagem.

As etapas desse método correspondem: i) amostragem de vazão e ii) simulação de série de vazão.

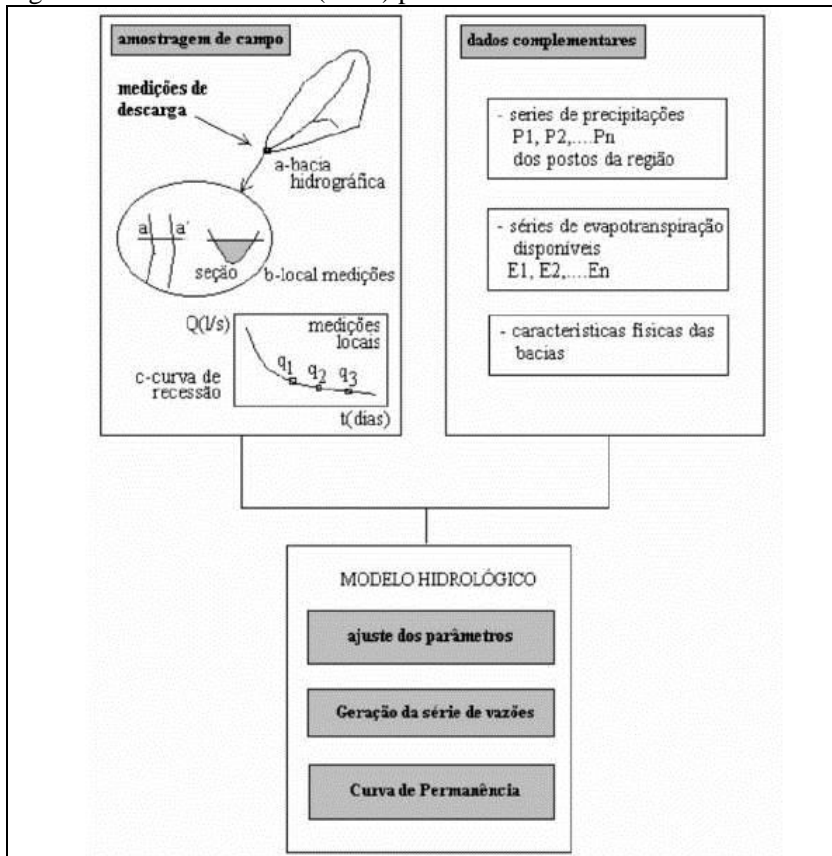
A primeira etapa consiste na realização de um levantamento de vazão hidrológica reduzida em período de descarga do aquífero em um curto espaço de tempo, em uma ou duas semanas. Além disso, podem ser feitos com métodos simples com o uso de flutuadores, micro molinetes dependendo do leito do rio.

As condições essenciais para aplicação desse método é a medição de três medições locais em sete dias, por exemplo, porém faz-se uma ressalva quanto a desproporção do intervalo e a probabilidade de ocorrência de precipitação.

A segunda etapa envolve o ajuste simplificado do balanço hídrico, e a síntese de vazões diárias através da simulação de chuvas-

vazão, obtidos através dos hidrogramas e históricos de evapotranspiração, além da determinação da curva de permanência.

Figura 1 – Método Silveira (1997) para vazão mínima.



Fonte: Silveira (1997).

3.2.7 Classificação e caracterização física da bacia

Os dados morfométricos são importantes para estudos geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, pois apresentam a ferramenta quantitativa das características de uma bacia hidrográfica.

Segundo Back (2014), as características morfométricas de uma bacia servem de suporte para gerenciamento de todo o escoamento

superficial das águas, e por isso deve ser relacionada a uma zona de planejamento integrado de recursos naturais.

Nos trabalhos de modelagem de paisagem para estudar o escoamento superficial, os sedimentos transportados, a bacia hidrográfica é a unidade de trabalho indicada. Para essas modelagens é necessário caracterizar a bacia quanto ao tamanho, formato e relevo.

3.4 AVALIAÇÕES DE IMPACTOS AMBIENTAIS

As últimas décadas foram de grande impacto ambiental, no que se diz respeito à retirada de recursos minerais sem responsabilidade, muito motivado pelo aumento crescente da população. Nesse sentido que houve uma pressão das comunidades locais e de Órgãos Não Governamentais (ONG), somados a normas ambientais mais severas (VILELA JR; DEMAJOROVIC, 2006). Na mesma linha, Philippi Júnior, Romero e Bruna (2004), falam que o processo de gestão ambiental inicia-se quando se promove adaptações ou modificações no ambiente natural, visando à adequação e correção dos efeitos em busca de um ambiente equilibrado.

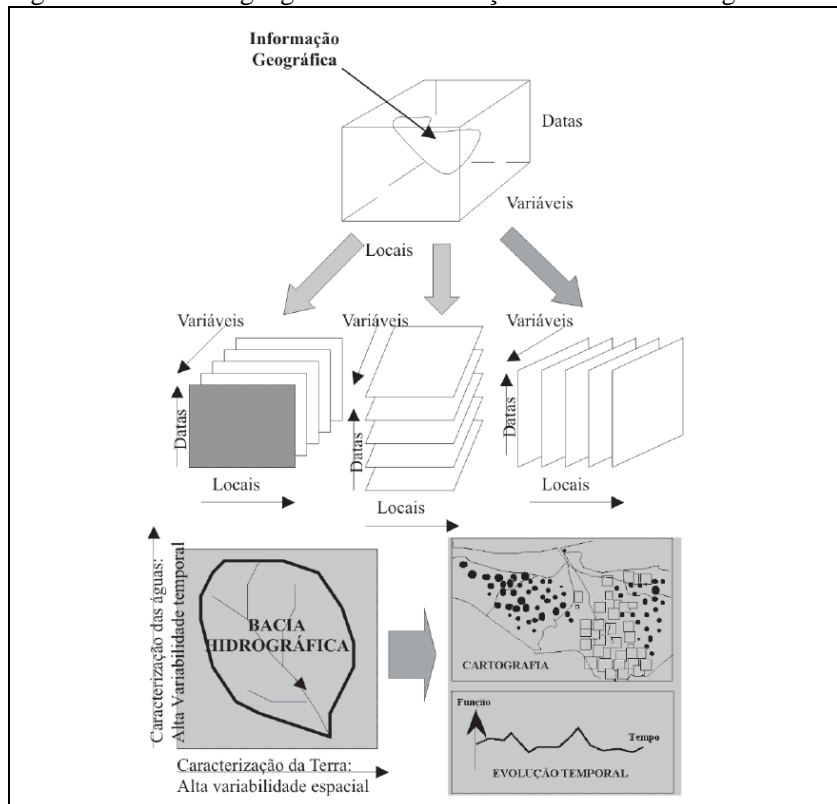
3.4.1 Indicadores ambientais espaciais dos recursos hídricos

Para Tucci (2006) quando analisamos espacialmente os rios, é frequente a percepção de sintomas de degradação ambiental, ou seja, os problemas já estão ocorrendo ao longo de toda uma bacia.

No âmbito dos recursos hídricos, o impacto decorrente da alteração do uso do solo reflete em todos os componentes do ciclo hidrológico, como no escoamento superficial, na recarga dos aquíferos, na qualidade da água e no transporte de sedimentos (TUCCI, 2006, p. 172).

O planejamento dos recursos hídricos deve fazer parte de um amplo processo de planejamento ambiental, no qual somente com a organização espacial das forças que interagem na bacia hidrográfica haverá expectativas de garantia da unidade da região. Da mesma forma deverá ocorrer um processo de informatização, de modo que toda forma de gestão e planejamento do território, deveriam dispor de recursos de processamento automático de informação, tipo Sistemas de Informações Geográficas-SIG.

Figura 2 – Estrutura geográfica de informações em bacias hidrográficas.



Fonte: Tucci (2006).

Os indicadores constituem hoje uma componente de avaliação espacial de extrema importância, capazes de destacar processos de observação territoriais coerentes e adequados à realidade espacial. Revelando-se determinantes na resolução de problemas relacionados com o processo de ordenamento do território e planejamento ambiental, os indicadores permitem sustentar o processo de tomada de decisão, através da avaliação da informação, convertendo-a numa série de medidas úteis e significativas, reduzindo as probabilidades de adotar decisões desastrosas, inadvertidamente.

O objetivo hoje do planejador deve ser então compreender estas relações e avançar no sentido de considerar não apenas o comportamento hidrológico de uma região, mas também considerar os

efeitos decorrentes dos diversos conflitos e interesses que atuam na disputa pelo espaço (TUCCI, 2006).

3.4.2 Utilização de técnicas de sensoriamento remoto geoprocessamento em estudos ambientais

Diante da necessidade de aprofundar no conhecimento que envolve os estudos dos locais (espaciais), de onde vivemos que o homem tem desenvolvido técnicas que tem como finalidade facilitar a análise de áreas terrestres. Uma dessas técnicas muito utilizada é o sensoriamento remoto, aerofotogrametria (vants), aliados a técnica de geoprocessamento, estes produtos estão sendo amplamente procurados para estudos de levantamentos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de uso e ocupação do meio físico.

Philippi Júnior, Roméro e Bruna (2004), ainda comentam que a revolução digital trouxe um avanço para área de sistema de informação geográfica, principalmente em unidades de conservação (UC), onde o valor ecológico é incalculável, um manejo deve ser feito e o sistema de informações geográficas pode servir como base para o planejamento.

Na mesma linha Ladwig e Gonçalves (2014), dizem que com o advento da evolução da abordagem sobre desastres naturais e com a intensificação de fenômenos climatológicos, influenciado pela geologia, geomorfologia, hidrografia, vegetação e forma de ocupação do espaço geográfico, aliado a perdas não só econômicas mais perdas de vidas humanas, que se percebeu a necessidade de utilizar a ferramenta de sistema de informação geográfica para contribuir no ordenamento urbano municipal.

3.5 EROSÃO HÍDRICA

A erosão hídrica é definida como o arrastamento da superfície do solo pela água corrente. Origina-se no rompimento do equilíbrio natural do solo através da ação oriunda de fatores climáticos como o vento e a chuva, que aliada a outros fatores como declividade do terreno e capacidade de infiltração da água determina a intensidade do processo erosivo (VALVASSORI, 2013, apud. SILVA et al., 2007; PRUSKI, 2009).

A erosão hídrica é considerada muito importante, pois ocorre em todos os tipos de solos. É controlada pelo clima, tipo de solo, cobertura vegetal, topografia, uso e manejo do solo. (SCHULTZ, 1983; ARAUJO et al., 2005).

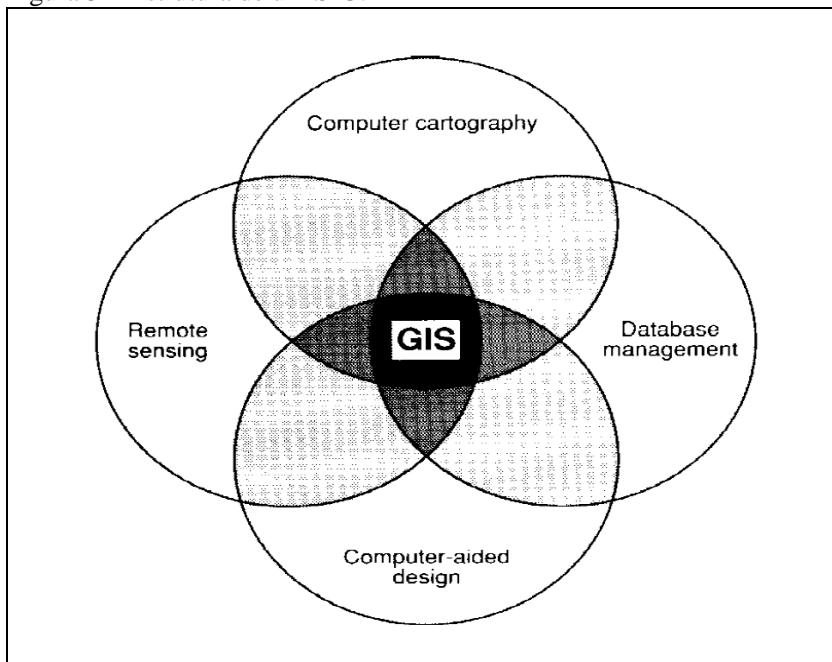
3.6 CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO

Para ONU a definição de cartografia significa:

No sentido lato da palavra não é apenas uma das ferramentas básicas do desenvolvimento econômico, mas é a primeira ferramenta a ser usada antes que outras ferramentas possam ser postas em trabalho (ONU, [20--], apud SILVA, 1998, p. 2).

A razão principal da relação interdisciplinar forte entre cartografia e geoprocessamento é o espaço geográfico. Cartografia preocupa-se em apresentar um modelo de representação de dados para os processos que ocorrem no espaço geográfico. Geoprocessamento representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais, fornecidas pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico. Isto estabelece de forma clara a relação interdisciplinar entre Cartografia e Geoprocessamento (D'ALGE, 2001).

Figura 3 – Estrutura de um SIG.



Fonte: D'alge (2001).

Na mesma linha (LOCH, 2006) diz que a cartografia, inicialmente, consiste na representação da superfície terrestre ou parte dela, de forma gráfica e bidimensional, que recebe o nome genérico de mapa ou carta. Atualmente, o conceito de cartografia apresenta uma acentuada tendência de alterar o significado inicial a ela atribuído. Algumas definições incluem os aspectos da confecção e uso de mapas, cartas e outros produtos tais como maquetes, visualizações 3D da superfície, etc outros entendem a cartografia como o conjunto das ciências que conduzem ao mapa, tendo como exemplo o título de cursos de engenharia cartográfica ou de agrimensura em nosso país.

3.6.1 Carta Temáticas

Silva (1998) comenta que cartas temáticas são, destinadas a um tema específico, necessárias às pesquisas de recursos naturais e estudos ambientais. A representação temática, distintamente da geral, exprime conhecimentos particulares para uso geral.

Com base no mapeamento topográfico ou de unidades territoriais, o mapa temático é elaborado em especial pelos Departamentos da Diretoria de Geociências do IBGE, associando elementos relacionados às estruturas territoriais, à geografia, à estatística, aos recursos naturais e estudos ambientais.

3.6.2 Dados raster (matricial) e vetorial

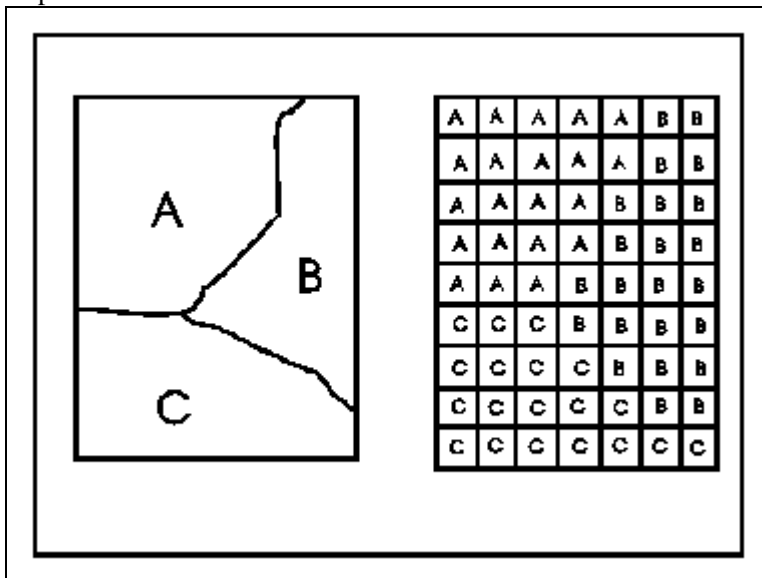
Rocha (2000) comenta que há duas formas distintas de representar dados espaciais em um SIG, que seriam o Vetorial e o Matricial ou Raster.

O mesmo autor descreve cada uma como:

Vetorial: nesses mapas são abstrações gráficas nas quais linhas, sombras e símbolos são usados para representar as localizações de objetos do mundo real. Cartograficamente os mapas são compostos por pontos, linhas e polígonos em conjunto com pares de coordenadas (X, Y), ou Latitude e Longitude ou ainda Norte e Este. Os pontos são representados por um par de coordenadas, uma linha corresponde a uma sequência de pontos exatamente como na área, porém nas áreas o primeiro e o último ponto se sobrepõem.

Matricial ou Raster: formato de armazenamento interno em uso pelo sistema de informação geográfica, ou na confecção de mapeamento. É composta por uma matriz de linhas e colunas que estão associadas a valores que permitem reconhecer o objeto, cada uma das células corresponde a um pixel, cada pixel possui sua localização determinada por um par de coordenadas.

Figura 4 – Representação do elemento vetor e raster (matriz) respectivamente



Fonte: <http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/introdu1/img00002.gif>

3.6.3 Geoprocessamento e recursos hídricos

Para Bielenki Júnior e Barbassa (2012), a tarefa de gestão de sistemas de recursos hídricos combina uma gama variada de dados nos mais diferentes níveis de complexidade. Neste contexto, faz-se necessário uma abordagem integrada de todas estas variáveis nos meios físicos. A funcionalidade do geoprocessamento, SIG e sensoriamento remoto nesse contexto permite facilitar as análises necessárias às atividades de gerenciamento de recursos hídricos dentro de sua célula básica que é a bacia hidrográfica. Além disso, um sistema de informação pode ser utilizado e ser estruturado para projeções e modelagens futuras. Podendo ser classificado como uma simplificação do ambiente real.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, baseada na Lei Federal n. 9.433 de 1997, prevê como um de seus instrumentos de gestão o Sistema de informações sobre Recursos Hídricos. Dada à importância do atual estágio dos SIGs, a Agência Nacional de Águas (ANA), criada em 2001 para implantação desta política de recursos hídricos, vem trabalhando na modelagem de um sistema capaz de agregar dados e oferecer subsídios aos gestores nacionais de recursos hídricos para o uso

mais sustentável e que atenda às demandas dos diferentes usuários da água.

3.7 SENSORIAMENTO REMOTO

Para Rocha (2000), o sensoriamento remoto pode ser definido como aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, nos permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da Terra, sem contato com o meio físico com eles.

Sensoriamento Remoto pode ser definido como a aquisição de informação sobre um objeto a partir de respostas do sensor. As informações sobre o objeto, neste caso, são derivadas da detecção e mensuração das modificações que ele impõe sobre os campos de forma que o cercam. Estes campos podem ser eletromagnéticos, acústicos ou potenciais.

3.7.1 Fotointerpretação

Para Ribeiro (2002) a fotointerpretação definisse pelo ato de analisar imagens fotográficas e identificá-las definindo seu significado. A fotointerpretação deve se sustentar na convergência de evidências.

Geralmente a análise das fotografias se dá em três procedimentos i) fotoleitura; ii) fotoanálise e iii) fotodedução.

Fotoleitura: refere-se à direta percepção do homem quanto aos objetos do terreno, o leitor faz a leitura de uma foto como se lê uma carta ou mapa, essa é a técnica mais comum de interpretação.

Fotoanálise: é a separação de vários distintos que compõe da aerofoto. Inclui aspectos de fotoleitura, fazendo o uso de diferenciadas características como a estereoscopia.

Fotodedução: A mais complexa. Inclui tudo que se diz respeito à fotointerpretação, ainda à avaliação da estrutura geomorfológica da área, bem como um exame detalhado de todos os elementos compreendidos na imagem.

Em geral os processos de fotointerpretação devem ser realizados com base nos elementos de reconhecimento: tonalidade, textura, formas, sombreamento.

3.8 SISTEMA DE COORDENADAS / DATUM

Para caracterizar um datum utiliza-se uma superfície de referência e uma superfície de nível. Uma superfície de referência

(datum horizontal) consiste em cinco valores: a latitude e longitude de um ponto inicial, o azimuth de uma linha que parte deste ponto e duas constantes necessárias para definir o elipsóide de referência. Assim, forma-se a base para o cálculo dos levantamentos de controle horizontal no qual se considera a curvatura da Terra (ZIMBACK, 2003).

3.8.1 Coordenadas UTM - Universal Transversa de Mercator

Bielenki Júnior e Barbassa (2012) argumentam que a Projeção UTM é um sistema de projeção cartográfica cilíndrica do tipo conforme e corresponde a uma modificação da Projeção de Mercator, em que o cilindro secante é colocado em posição transversa. Este sistema é o adotado como padrão pelo IBGE e pelo DSG.

Para Zimback (2003), os principais elementos da representação UTM são: i) a terra é representada por um elipsóide de revolução, ii) dividido em 60 fusos de 6º de longitude, numeradas de 1 a 60, iii) com origem no antimeridiano de Greenwich iv), em sentido anti-horário para observador situado no Pólo Norte, v), (Paralelos - horizontais; Meridianos - verticais) vi), os meridianos e paralelos interceptam-se em ângulos retos vi), os pontos possuem propriedade de conformidade (conservam a forma para áreas não muito extensas) vii), os limites são os paralelos 80° S e 84° N viii) não é apropriada para representar os Pólos da Terra onde se deve utilizar a projeção estereográfica polar.

3.9 OBTENÇÃO DE DADOS ESPACIAIS

Lisboa-Filho (1995) comenta que dados geo-espaciais (ou georeferenciados) é o nome atribuído às informações utilizadas pelas aplicações no geoprocessamento. Esses, dados recebem esse nome por possuírem atributos de localização geográfica (coordenadas).

Para o autor a obtenção de dados é um dos processos mais difíceis e importantes no desenvolvimento de um trabalho que envolve geoprocessamento, pois na maioria das vezes temos que fazer uma aquisição bruta de dados geográficos. Esses dados quase sempre se encontram fragmentados, ou em sistemas de referência incompatíveis, dificultando o processo de integração dos dados.

O limite geográfico do Brasil no que se diz respeito a mapeamento é de responsabilidade principalmente da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro juntamente com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que dividem a responsabilidade pela confecção de cartas do mapeamento sistemático

nacional. Até o final da década de 80 os mapas ou cartas eram produzidos apenas em meio analógico através da impressão em papel de cartas topográficas (SALDANHA, 2005).

Hoje muito se tem evoluído na conversão desses dados para o meio digital, principalmente em ambientes de leitura de softwares de geoprocessamento e de desenho. Porém em escalas maiores fica cada vez mais escasso essas informações.

No entanto parte-se para os governos estaduais e municipais para aquisição de mais fontes de informações geográficas.

3.9.1 Integração de dados espaciais

D'lage (2001) relata que integração de dados de diferentes fontes, com o objetivo de compor a base de dados de certo projeto, traz consigo algumas preocupações constantes. É importante que a informação a respeito dos parâmetros da projeção cartográfica e do datum planimétrico seja armazenada de forma explícita e usada coerentemente quando necessário. Mas é igualmente importante o cuidado que o usuário deve ter com relação ao sistema de referência de seus dados. O caso mais típico é o problema das zonas ou fusos da projeção UTM. Outro grupo de problemas ligados à integração de dados relaciona-se a certos erros que costumam aparecer nos dados que são combinados ou integrados. Há inicialmente uma questão básica que se refere ao ajuste de linhas que são copiadas ou mosaicadas de um plano de informação para outro. Sempre que esta operação ocorrer o usuário é obrigado a aplicar a função de ajuste de linhas de modo a garantir consistência topológica.

3.10 MAPAS BASE

Os mapas base, são mapas que possuem um tema específico, podem ser obtidos em arquivos já existentes ou produzidos, eles servem para sustentação de um SIG, ou sistema de mapeamento mais complexo, como o cruzamento de mapas.

3.10.1 Hidrológico

O mapeamento hidrológico de bacias hidrográficas é gerado principalmente pela definição dos seus pontos mais baixos, ou seja, os talwegues.

Com a ramificação da rede de drenagem, há a possibilidade do entendimento quanto à extensão da rede de drenagem, ordem de cursos d'água, e outros fatores que contribuem para respostas ambientais.

3.10.2 Pedológico

A pedologia é ciência que estuda o solo e suas interações, sendo solo definido como “material mineral e/ou orgânico inconsolidado na superfície da terra que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres” (IBGE, 2015, p.39).

O mapeamento de solos se dá através de levantamentos de campos, onde são realizadas coletas e as amostras são encaminhadas para laboratórios especializados para a devida caracterização e posterior classificação do tipo de solo (SANTOS, 2013).

O conhecimento das propriedades dos solos é de suma importância para a projetos de irrigação, aplicação de insumos agrícolas, projetos de engenharia, indicação de terras propensas a cultivos, entre outros (IBGE, 2015).

3.10.3 Uso e ocupação da terra

Conforme IBGE (2013, p. 20).

O levantamento sobre a Cobertura e o Uso da Terra comporta análises e mapeamentos e é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão.

Sebusiani e Bettine (2011) trazem a importância do reconhecimento das áreas mais aptas à exploração e outras para conservação dos recursos naturais, que determinam a qualidade de vida da comunidade.

O mapeamento é utilizado, pois enaltece os dados espaciais e melhora a compreensão dos dados apresentados.

Cada localidade tem suas peculiaridades. Reforça-se, então, a importância das representações cartográficas na visualização e interpretação dos aspectos necessários ao planejamento ambiental. As representações cartográficas mostram a realidade sintetizada de um modo visual.

As normas de usos e ocupação de bacias hidrográficas no meio urbano são limitadas aos zoneamentos urbanos. Nessa ordem conflitos de ocupação acabam ocorrendo, gerando uma ocupação desordenada.

A avaliação de uso e ocupação depende de muitas variáveis. No caso de uma avaliação de uso e ocupação de solo é necessário que, em primeiro lugar, se tenha claramente explicitado a área de estudo.

Para caracterização de uso e ocupação diversas classificações podem ser criadas, porém como se trata de um estudo ambiental para avaliação de uma APA que se delimita por uma bacia hidrográfica, as classificações foram feitas conforme Souza e Mello (2012), segundo os autores nesta fase, entre as características encontradas na mesma região, com intuito de identificar os processos de degradação ambiental, relacionados à ocupação urbana, reflorestamento e os principais interesses envolvidos.

3.10.4 Declividade

Uma importante área dos estudos das declividades é a altimetria, que segundo Carvalho e Araújo (2011), é a parte da topografia que estuda os métodos e procedimentos que levam a representação do relevo da terra.

O relevo de uma bacia está diretamente relacionado aos fatores hidrológicos, através de fatores como a velocidade de escoamento superficial, que é um condicionante para o deslocamento de partículas de material do solo ocasionando erosão hídrica.

Segundo Ladwig (2014) as cartas de declividade ou clinográficas, são um ótimo instrumento para representar os aspectos morfoestruturais do terreno, além de documento básico para o planejamento ambiental e para estudos geomorfológicos e de estrutura agrária.

Classes de Declividade o número irá variar devido ao tipo de estudo que se pretende, às características morfoestruturais da área de estudo e à escala em que está representada. Deve-se verificar a relação entre o desnível de duas ou mais curvas de nível, realizando uma quantificação do maior e do menor espaçamento entre elas (MATERIAL DE AULA PROFESSOR NILZO, JUNHO 2015).

Para Debiasi (1993), a relação do relevo está apresentado na Tabela 1, e para Embrapa na Tabela 2:

Tabela 1- Classificação das declividades conforme De Biasi (1993)

Classes de declividade (%)	Relevo
0 - 3	Várzea
3 - 6	Plano a suave ondulado
6 - 12	Suave ondulado a ondulado
12 - 20	Ondulado a forte ondulado
20 - 40	Forte ondulado a montanhoso
> 40	Montanhoso

Fonte: De Biase (1993).

Tabela 2- Classificação das declividades conforme Embrapa

Classe de declividade (%)	Denominação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suave ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
>75	Relevo escarpado

Fonte: Embrapa (1999).

3.10.5 Hipsométrico

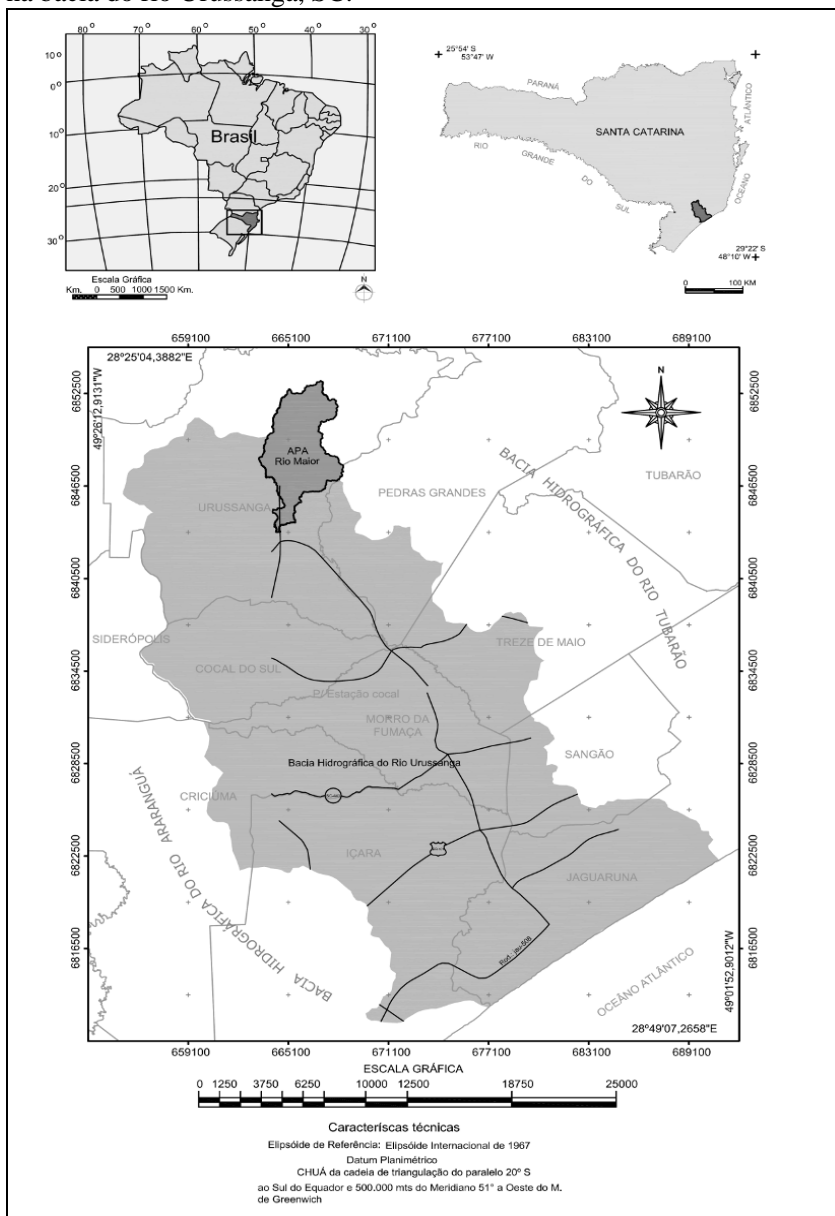
A altitude pode influenciar uma série de fatores meteorológicos e hidrológicos como a quantidade de radiação, a temperatura, a evapotranspiração e precipitação. Assim grandes variações de altitude podem afetar o balanço de energia e o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica.

A caracterização do relevo pode ser feita por algumas altitudes características ou pela curva hipsométrica, que é a representação gráfica do relevo médio da bacia (BACK, 2015).

4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A APA do Rio Maior, criada pela Lei Municipal n. 1.665, de 27 de Novembro de 1998, é delimitada pela bacia Hidrográfica do Rio Maior, que possui 25,602 km² e Altitude Máxima 425 m e Mínima 35 m, inserida na Bacia hidrográfica do rio Urussanga, pertencente à Bacia do Atlântico Leste (ANA, 2005), está localizada na Cidade de Urussanga, no estado de Santa Catarina Brasil, entre os meridianos 49°26'12,9131''W; 49°01'52,9012''W e Paralelos 28°25'04,3882''E; 28°49'07,2658''E. A APA/bacia delimita-se (Figura 5) ao sul pela bacia do Rio Urussanga, ao norte com a bacia do Rio Tubarão. O clima da região, segundo Koppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com chuvas médias anuais de 1576,3 mm (Urussanga 1924 - 2009), com solo predominante das classes (Cambisol e Argissolo).

Figura 5 – Localização da APA/bacia hidrográfica do Rio Maior inscrita na bacia do rio Urussanga, SC.



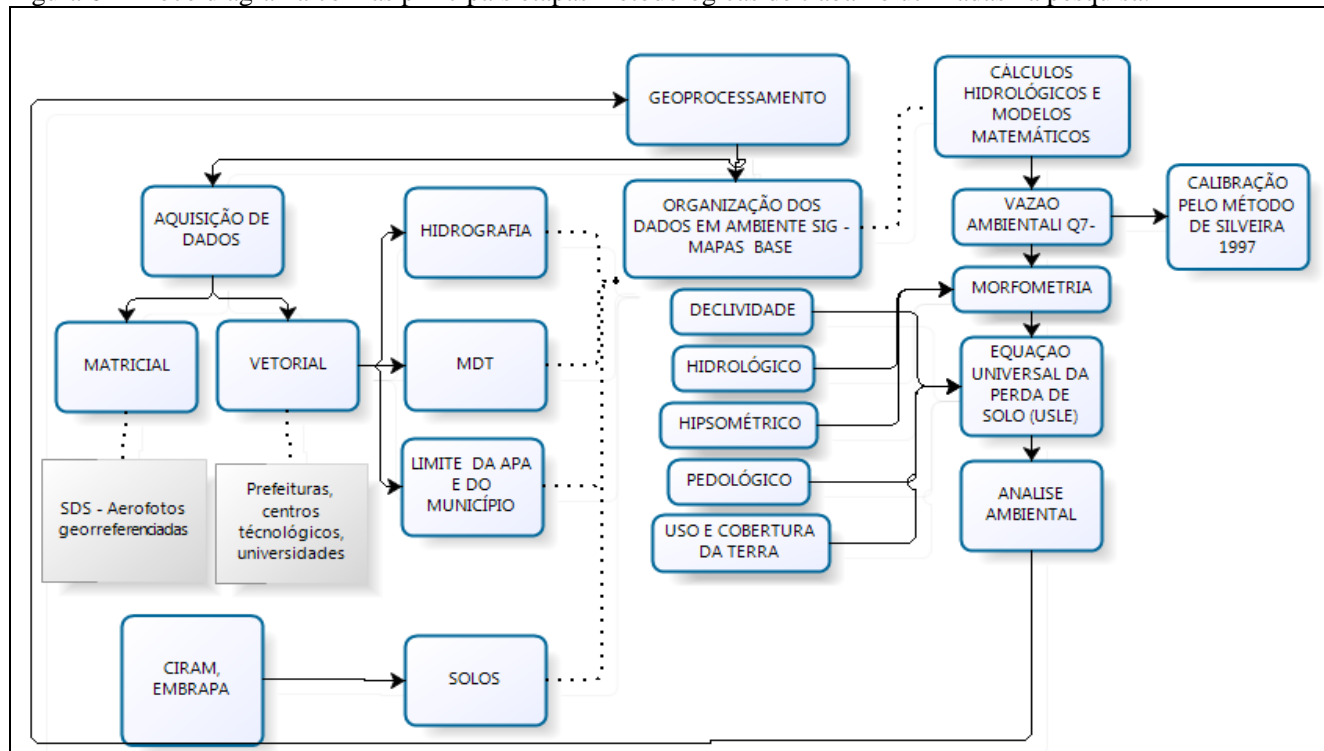
Fonte: elaborado pelo autor (2015).

5 METODOLOGIA

Para atender os objetivos definidos nessa pesquisa foi utilizada a técnica de geoprocessamento em ambiente SIG, que serviu para gerenciamento, criação e análise dos dados. Para dar suporte para o geoprocessamento foi feito uma ampla busca e estruturação de dados geo-espaciais (mapas base) e métodos para caracterização hídrica como a morfometria, erosão hídrica e vazão ambiental Q_{7-10} .

A Figura 6 apresenta um bloco diagrama com as principais etapas metodológicas de trabalho utilizados na pesquisa.

Figura 6 – Bloco diagrama com as principais etapas metodológicas de trabalho utilizadas na pesquisa.



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

1. Inicialmente a estruturação do SIG se deu por meio da organização de dados espaciais.

A fonte matricial e o MDT do trabalho são objetos de um voo aerofotogramétrico, executado pela Secretária de Desenvolvimento Econômico e Sustentável de Santa Catarina. Segundo o portal eletrônico do Estado de Santa Catarina, o Levantamento Aerofotogramétrico foi executado em sua maior parte em 2010.

A imagens ortorretificadas do voo aerofotogramétrico executado no Estado de Santa Catarina uma resolução de 0,39 metros, resolução espacial que permite gerar cartografia igual ou maior que a escala 1:10.000 ser usada como fonte de análise ambiental.

Os arquivos vetoriais foram adquiridos em fontes de informações distintas, como: i) Prefeitura Municipal de Urussanga (carta cadastral); ii) IBGE: (cartas topográficas), iii) Embrapa e CPRM: (cartas de solos e geologia); iv) SDS: (hidrografia e nascentes).

Com o banco de dados espaciais formado, foi fundamental a organização e hierarquização dos dados em ambiente digital, que possua suportes básicos como descreve Soares-Filho (2000). i) entrada de dados, edição e manipulação; ii) operação básica de desenho; iii) suporte para projeções cartográficas; iv) apresentação de cartogramas variados; iv) facilidade de impressão em papel; v) cálculo de área e perímetro; vi) posicionamento preciso de feições através de coordenadas; vii) organização em níveis de feições (*layers*); viii) Manipulação gráfica para representação de um único fenômeno espacial; entre outros.

2. Após a estruturação da base de dados espaciais em ambiente de SIG, se deu o procedimento de elaboração dos mapas base, que serviram de elementos fundamentais para os mapas específicos de caracterização hidrológica e análise ambiental. O mapa de declividade foi gerado seguindo a metodologia de De Biase (1993) conforme Tabela 1, a declividade foi gerada através de ferramenta do *software* de geoprocessamento *ArcGIS* no comando *SLOPE*. O mapa hidrológico onde está inclusa a otocodificação e a rede de drenagem da bacia que consiste em uma base em *shapefile*, fornecido pelo Estado de Santa Catarina datada de 2010, obtido por meio de restituição aerofotogramétrica, foi utilizado para hierarquização da hidrografia, conforme a metodologia de Strahler (1952) em ordens. A hipsometria da área de estudo foi gerada através da classificação do MDT em classes de 20 metros de intervalo, com distribuição de cores “quentes” para relevo com maior altitude (vermelho) e cores “frias” para relevo com menor altitude (azul). O mapa pedológico foi gerado através banco de dados

geográficos *on-line* da EMBRAPA, em escala 1/250.000, ou seja, como a escala desse mapa era pequena e incompatível com a escala proposta para o trabalho, uma investigativa de campo foi promovida, buscando analisar a possível utilização desse mapa. Os dados referente ao uso e ocupação da terra, foi gerado por fotointerpretação e digitalização em tela de computador das classes de uso definidas. As classes obtidas nesse trabalho foram: i) Cultivo; ii) Rede viária; iii) Indústria; iv) Mineração; v) Pastagem; vi) Reflorestamento; vii) Residencial; viii) Solo exposto; ix) Vegetação secundária.

3. Para alcançar o objetivo de caracterização hidrológica como ferramenta de análise ambiental, alguns métodos matemáticos de caracterização foram utilizados. Para a estimativa da vazão mínima foi empregado a metodologia desenvolvida por Silveira (1997), que se baseia em um modelo chuva-vazão simplificado para pequenas bacias hidrográficas, com dois parâmetros, combinado com amostragem reduzida de vazões (no mínimo três) em períodos de estiagem. Uma vez que o modelo representa o comportamento da bacia na estiagem seu uso é adequado para a determinação da curva de permanência no ramo inferior, ou seja, para a determinação da disponibilidade hídrica dando subsídios para a gestão de recursos hídricos.

Para a calibração do modelo foi medida a vazão na foz da bacia do Rio Maior, durante um período de estiagem, com intervalos de dois dias. foram realizadas três medições.

Após a calibração do modelo de Silveira (1997) foram utilizadas as séries históricas de precipitação de Urussanga de período de 1990 a 2013, e foram gerados os dados de vazão na bacia do Rio Maior, determinando-se os valores da vazão mínima com duração de 7 dias e período de retorno de 10 anos ($Q_{7;10}$).

Com os dados obtidos de $Q_{7;10}$ para a bacia do Rio Maior e adotando-se o critério da proporcionalidade de área, foram gerados mapas de vazão mínima para cada sub-bacia obedecendo o princípio da razão e proporção, ou seja, em função da área foram projetados a vazão ambiental de cada otobacia, depois foi feito a determinação do acumulo, onde a vazão da bacia superior é somada a inferior até o exutório.

4. Outro elemento importante na caracterização hidrológica é a morfometria. Para a determinação dos parâmetros morfométricos foram utilizadas metodologias referendadas pela bibliografia seguindo as equações propostas. Utilizando o geoprocessamento, foram

determinados os dados básicos como i) área; ii) perímetro; iii) comprimento axial; iv) comprimento do rio principal; v) distância entre nascente e a foz; vi) diferença entre curvas de nível; vii) comprimento das curvas de nível; viii) número total de rios; ix) comprimento da bacia; x) comprimento total de rios.

As expressões abaixo foram utilizadas.

Coefficiente de compacidade (K_c): ou índice de Gravelius (K_c): Relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, calculado conforme Oliveira et al. (2012) por:

Equação 1- Coeficiente de compacidade

$$K_c = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde: P é o perímetro da bacia em (Km); A é a área da bacia (km²).

Fator de forma ou Índice de conformação (K_f): Segundo Christofolletti (1980) é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, calculado como:

Equação 2 - Fator de forma ou Índice de conformação

$$K_f = \frac{A}{Lx^2}$$

Onde: Lx representa o comprimento axial da bacia em linha reta entre a foz da bacia e o ponto do semi-perímetro da bacia.

Índice de circularidade: é a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro (Mosca, 2003), isto é:

Equação 3 - Índice de circularidade

$$I_c = \frac{A}{A_c}$$

Onde: I_c é o índice de circularidade; A_c é a área do círculo com o mesmo perímetro da bacia em (Km²).

Razão de Elongação (Re): é a relação entre o diâmetro do círculo de área igual à área da bacia e o comprimento do eixo da bacia, segundo (Mosca, 2003) dada por:

Equação 4 - Razão de Elongação

$$Re = 1,1284 \frac{\sqrt{A}}{Lx}$$

O índice entre o comprimento e a área da bacia (ICo): é obtido dividindo-se o comprimento da bacia pela raiz quadrada da área, isto é:

Equação 5 - O índice entre o comprimento e a área da bacia

$$ICo = \frac{L_b}{\sqrt{A}}$$

Onde: ICo é o índice entre o comprimento e a área; Lb é o Comprimento da Bacia.

Ordem dos cursos de água: Reflete o grau de ramificação ou bifurcação entre os canais existentes dentro de uma bacia. Neste trabalho foi adotando o critério de Strahler (1952) para classificar a ordem dos rios.

Comprimento do rio Principal (L): Segundo Christofolletti (1980) é a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente. Na definição do rio principal foi utilizado o critério de medir o comprimento do curso d'água mais longo.

Coefficiente de manutenção (Cm): calculado através da seguinte expressão apresentada por (Schumm 1956):

Equação 6 - Coeficiente de manutenção

$$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 1000$$

Onde: Cm é o coeficiente de manutenção (m²/m).

Sinuosidade do curso d'água ou índice de sinuosidade (Is): É a relação entre a distância da desembocadura do rio e a nascente mais distante, medida em linha reta (Ev), e o comprimento do rio principal (L), calculado conforme (Mansikkaniemi, 1970):

Equação 7 - Sinuosidade do curso d'água ou índice de sinuosidade

$$Is = \frac{100(L - Ev)}{L}$$

Onde: Is é o índice de sinuosidade (%); Ev é o equivalente vetorial do rio (km); L é o comprimento do rio (km). A classificação do Índice de sinuosidade foi de acordo com a Tabela 3

Tabela 3- Classificação de Sinuosidade

Classe	Descrição	Limites
I	Muito reto	< 20 %
II	Reto	20 – 29,9 %
III	Divagante	30 – 39,9 %
IV	Sinuoso	40 – 49,95 %
V	Muito sinuoso	> 50 %

Fonte: Mansikkaniemi (1970).

Sinuosidade do curso d'água (Sin): determinado pela relação:

Equação 8-Sinuosidade do curso d'água

$$Sin = \frac{L}{Ev}$$

Densidade de drenagem (Dd): é a relação entre o comprimento total dos cursos d'água (Lt) de uma bacia e sua área de drenagem (Horton, 1945), onde:

Equação 9 - Densidade de drenagem

$$Dd = \frac{L_T}{A}$$

Onde Lt é o comprimento total do curso d'água e A é área da bacia hidrográfica.

A relação dos índices de Densidade de drenagem podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4- Classificação dos valores de densidade de drenagem

Valor de densidade de drenagem Dd (km km-2)	Classe
Menor que 0,5	Baixa
De 0,5 a 2,0	Mediana
De 2,01 a 3,05	Alta
Maior que 3,5	Muito alta

Fonte: Beltrame (1994).

Extensão média do escoamento superficial (Ems): de acordo com Villela e Mattos (1975) é a extensão média do escoamento superficial e é determinado por:

Equação 10 - Extensão média do escoamento superficial

$$Ems = \frac{A}{4L_T}$$

Onde: A é área de drenagem da bacia, Lt é o comprimento total do curso d'água e Dd é densidade de drenagem;

Densidade dos rios ou densidade hidrográfica (Dr): É a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica, calculado pela fórmula de (Horton, 1945):

Equação 11 - Densidade dos rios ou densidade hidrográfica

$$Dr = \frac{N}{A}$$

Em que Dr é a densidade dos rios; N é o número total de rios ou cursos de água.

5. Para facilitar a identificação de áreas prioritárias para a conservação do solo e da água, foi utilizado o modelo de Wischmeier e Smith (1978) que desenvolveram a Equação Universal de Perdas de Solo (do inglês *Universal Soil Loss Equation*), sendo ela definida pela seguinte equação.

Equação 12 – Equação Universal da Perda de Solos

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Onde: A é a quantidade de solo perdido em toneladas hectare por ano ($\text{t.ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); R é o potencial erosivo das chuvas (em $\text{MJ.mm ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$); K refere-se à facilidade com que o solo erode (em $\text{t.h MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$); L e S estão relacionados ao comprimento da rampa e declividade; C refere-se à cobertura vegetal; P está relacionado às práticas conservacionistas (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

• Fator R (Potencial erosivo da chuva)

O fator R, baseou-se na média de erosividade da chuva definida por Valvassori e Back (2014) para o município de Urussanga (Santa Catarina), equivalente a $5.665,10 \text{ MJ.mm há}^{-1}.\text{h}^{-1}$.

• Fator K (Erosidibilidade do solo)

Para os fatores K, consideraram-se os valores encontrados na literatura científica, sendo esses valores apresentados na tabela 6.

Tabela 5- Valores de K (Erosidibilidade do solo)

Classificação do solo	Fator K adotado	Fonte
Cambisol	0,0166	Miguel (2010)
Cambisol e Argissol	0,0269	
Argissol	0,0166	

Fonte: Souza et al. (2015).

• Fator LS (Topografia, declividade e comprimento de rampa)

Fazendo uso do modelo digital do terreno (MDT) de Urussanga, calculou-se o fator LS pelo método apresentado por Morgan (2007), por meio do seguinte procedimento: 1) Cálculo da declividade em percentagem obtido através da ferramenta *Slope*; 2) Cálculo da direção do fluxo (*flow direction*); 3) Cálculo do comprimento das rampas; e 4) Determinação do fator LS com a seguinte fórmula:

Equação 13 – Fator LS

$$\text{Fator LS} = \left(\frac{\text{Comp. Rampa}}{22,13} \right)^n \times (0,065 + 0,045 \times \text{Decliv.} + 0,0065 \times \text{Decliv.}^2)$$

Onde n é um fator relacionado ao tipo de fluxo, variando entre 0,4 e 0,6, sendo os valores maiores são adotados para casos com erosão laminar.

- Fator C (Cobertura Vegetal)

O fator relacionado à cobertura vegetal foi elaborado partindo do princípio que em áreas com maior cobertura vegetal no caso da vegetação nativa, ou secundária (caso desse trabalho), há uma maior proteção quanto à erodibilidade do solo, neste caso utilizou-se 0,0001 (maior proteção) e áreas sem cobertura vegetal têm valor de 1,0000 (nenhuma proteção). Ainda onde localiza-se estradas (asfalto) e indústrias (grandes construções), presumisse que não há erosão, pois o solo está impermeabilizado, nestes casos utilizou-se um fator (0,0000). Desta forma, os outros usos do solo foram enquadrados dentro deste intervalo seguindo este princípio, além de considerar dados da literatura científica, e são apresentados na tabela 6.

Tabela 6- Valores de C (Cobertura vegetal)

Uso do solo	Fator C adotado
Mineração	1,0000
Solo exposto	1,0000
Cultivo	0,1000
Residencial	0,1000
Pastagem	0,0300
Reflorestamento	0,0100
Vegetação secundária	0,0001
Estrada	0,0000
Industrial	0,0000

Fonte: adaptado pelo autor (2015).

- Fator P (Práticas Conservacionistas)

O fator P de práticas conservacionistas, é um fator que considera as práticas de manejo do solo. Na mesma linha o boletim técnico da empresa Deflor (2006), diz que é o fator de práticas de proteção e manejo do solo esse coeficiente é afetado pela rotação de culturas, pelo tipo de proteção do solo, como barreiras e terrações. Neste estudo foi considerado como indicador o Boletim Técnico disponibilizado pela Pereira (2006), Tabela 7.

Tabela 7- Valores de P - Práticas conservacionistas

Variável (prática)	Descrição e função
Corte de talude para agricultura (extensão de P: 0.75 – 1.0)	<p>Descrição</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cultivo, plantio feito ao longo do talude <p>Função</p> <ul style="list-style-type: none"> - lavouras, faixa de produção agrícola apresentam estrias que agem como pequenos danos através do talude. - Estrias redirecionam o escoamento superficial, modificam o fluxo padrão, reduzindo a capacidade erosiva do escoamento superficial.
Perfil da agricultura (extensão P: 0.50 – 0.90)	<p>Descrição</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cultivo: o plantio é feito seguindo as curvas topográficas do talude <p>Função</p> <ul style="list-style-type: none"> - As estrias criadas ao longo das curvas de nível possuem gradiente zero. - Fluxo d'água uniforme nas estrias ao longo do talude inteiro.
Faixa de produção (Extensão de P: 0.25 – 0.90)	<p>Descrição</p> <ul style="list-style-type: none"> - A produção agrícola se desenvolve em arranjos em faixas ou linhas (através de talude ou no contorno). - Faixas alternadas de vegetação rasteiras (grama ou forração) com faixas de produção agrícolas também através de taludes ou em seu contorno. - A rotação de culturas entre as faixas em ordem sistemática, gramíneas ou leguminosas cobrem uma porção do talude todo o ano <p>Função</p> <ul style="list-style-type: none"> - Difusão e redução do escoamento superficial, aumento da infiltração nas faixas vegetadas. - Erosão do solo pelas faixas de produção agrícola anuais filtradas em

Variável (prática)	Descrição e função
Terraceamento	<p>alguns metros das faixas de grama do pé do talude.</p> <p>Descrição</p> <ul style="list-style-type: none">- Leiras largas no solo construídas através do talude com intervalos regulares. <p>Função</p> <ul style="list-style-type: none">- Dividir talude em porções mais curtas. <p>Quebra da descida d'água, coletores, conversor a velocidades não erosivas.</p> <ul style="list-style-type: none">- Barreiras de sedimentos, depositados no campo ou nas barreiras.

Fonte: Pereira (2006).

Para analisar as perdas de solo na bacia, foi utilizado o método de Carvalho (1994) que define seis classes para análise de perdas de solo em bacias hidrográficas (t/ha/ano): (a) < 15 = nula a pequena, (b) 15–50 = moderada, (c) 50–120 = média a forte, (d) 120–200 = forte, e (e) > 200 = muito forte.

6. Após o processamento dos dados e estruturação do SIG, algumas definições cartográficas se fizeram necessárias para uma boa resposta visual dos elementos estudados, como: entrada de dados: i) Sistema de referência SIRGAS 2000 (datum oficial brasileiro); ii) Projeção UTM – Universal Transversa de Mercatur; iii) Meridiano 51°Wgr e fuso 22 Sul.

Os dados de saída se configuraram da seguinte forma: i) escala numérica 1/75.000; ii) grade de coordenadas UTM- Universal Transversa de mercator; iii) Título na parte superior direita de cada mapa; iv) orientação (norte) na parte inferior do mapa; v) legenda adequada para cada produto, acima da orientação; vi) escala gráfica abaixo da orientação; vii) a documentação e especificações técnicas do mapa abaixo da escala gráfica.

Uma tabela foi gerada para evidenciar os *softwares* utilizados, bem como as características de cada um deles conforme Tabela 8.

Tabela 8- Softwares utilizados

Software	Caracterização	Utilização
ArcMap 10.2.1	Software de geoprocessamento	Edição gráfica e estruturação do SIG utilizado na análise espacial dos dados
AutoCAD Map 3D 2014	Sistema CAD (Desenho Assistido por Computador)	Desenho Cartográfico
Microsoft Excel	Planilha eletrônica	Edição de atributos alfanuméricos
Corel Draw	Edição de imagens, e criação de desenhos	Conversão de arquivos raster

Software	Caracterização	Utilização
Google Earth	Visualizador de imagens terrestres	Análise prévia do local
Global Mapper	Software de geoprocessamento	Utilizado para conversão de dados espaciais

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

7. Uma discussão sobre os cálculos e métodos supracitados, foi descrito considerando a importância ambiental desses dados, baseado em referências legais e trabalhos científicos, visando a utilização desse mecanismo para a gestão territorial da bacia/APA do Rio Maior.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados deste trabalho foram compartimentados em resultados das representações espaciais dos mapas base, análise dos dados morfométricos, erosão hídrica e mapas de vazão ambiental $Q_{7,10}$.

6.1 MAPAS BASE

6.1.1 Mapa hidrológico

No mapa hidrológico, pode-se observar o comportamento hídrico da bacia hidrográfica, e sua ramificação. A bacia hidrográfica do Rio Maior possui rios de 5ª ordem conforme a metodologia proposta por Strahler (1952). Na Tabela 9 pode ser analisada a distribuição das ordens dos corpos hídricos.

Tabela 9- Relação de ordem dos rios da bacia hidrográfica do Rio Maior.

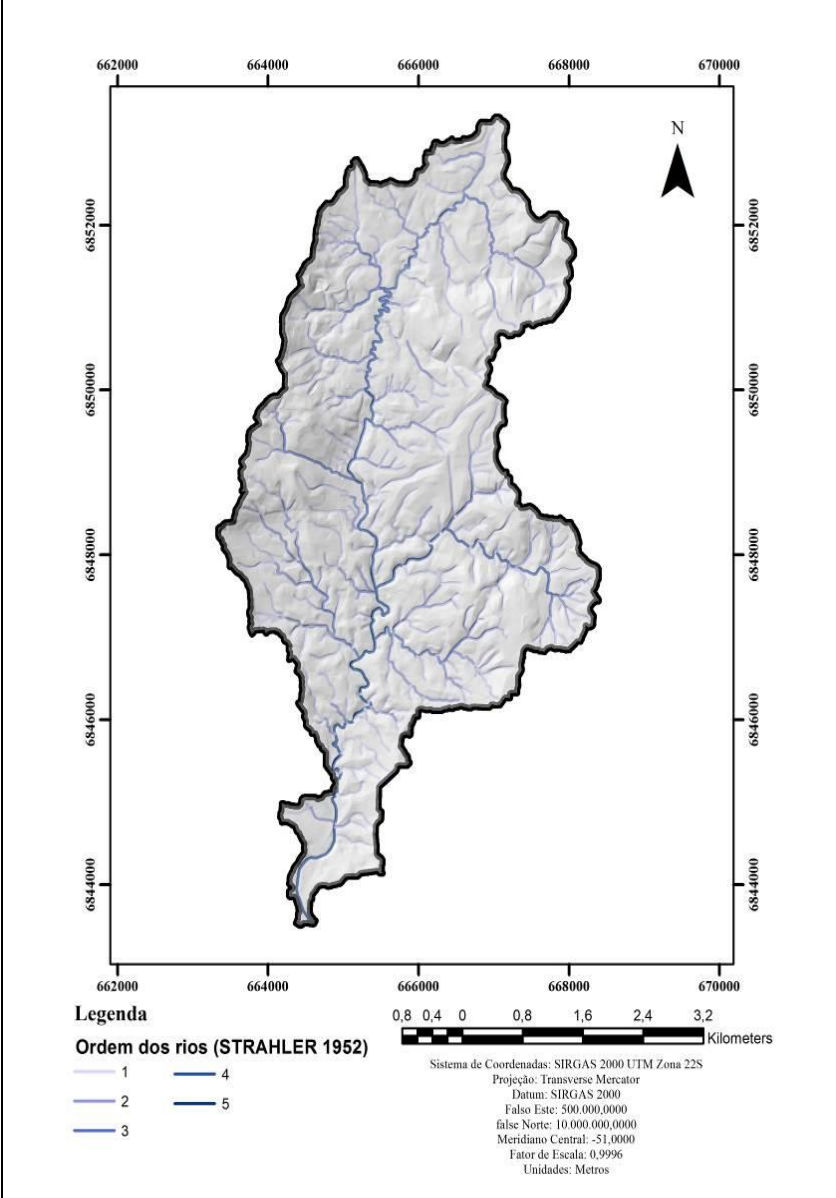
Ordem	Extensão em (km)	%
1	67,08	62,05
2	23,33	21,58
3	9,66	8,93
4	7,65	7,08
5	0,39	0,36

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Como observado acima 67,08 km, ou seja, 62,05% dos corpos hídricos da bacia do Rio Maior correspondem a 1ª ordem, 21,58 % referem-se à 2ª ordem com 23,33 km dos rios, 9,66 km também definido em porcentagem por 8,93% são de 3ª Ordem, e 7,65 km e 7,08% de 4ª Ordem e na sua foz 0,39 km e 0,36% de 5ª Ordem, esse alto índice de ramificações, se deu em função da escala de trabalho usado no geoprocessamento, pois nesse trabalho foi usada base cartográfica em escala 1:10.000 como o caso da MDT e da rede de drenagem na

Figura 7 pode-se observar o mapa hidrológico que representa a distribuição espacial dos rios bem como, a classificação do seu ordenamento.

Figura 7 – Mapa hidrológico

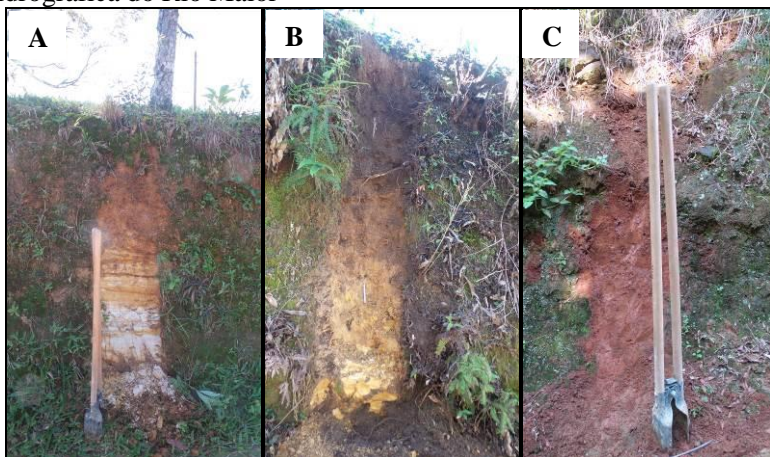


Fonte: elaborado pelo autor (2015).

6.1.2 Mapa Pedológico

A pedologia da área que compreende a bacia hidrográfica do Rio Maior é quase que predominantemente de argissolo, no entanto, a base de dados de referência dessa carta vem de uma escala pequena 1/250.000, representando uma generalização cartográfica quanto ao tipo de solo. Para melhorar a discussão da pedologia dados de campo, de taludes do interior da área foram coletados conforme Figura 8

Figura 8 – Fotos dos taludes de investigativa pedológica na bacia hidrográfica do Rio Maior



Fonte: Ladwig e Pereira (2015).

As fotos (A) e (B) apresentam solos pouco profundos, onde o horizonte C, o qual contém fragmentos da rocha pouco alterados, encontra-se próximo da superfície (em torno de 1 metro de profundidade). Esses solos apresentam textura argilosa com presença de fragmentos de areia, enquanto o perfil da foto (C) demonstra um solo bastante argiloso e coloração avermelhada, fatos constatados com análise tátil visual. Tais características podem enquadrar os perfis na classe dos argissolos, embora análises laboratoriais sejam aconselháveis para confirmar tal fato. A Tabela 10 mostra a distribuição pedológica da área de estudo em forma de porcentagem.

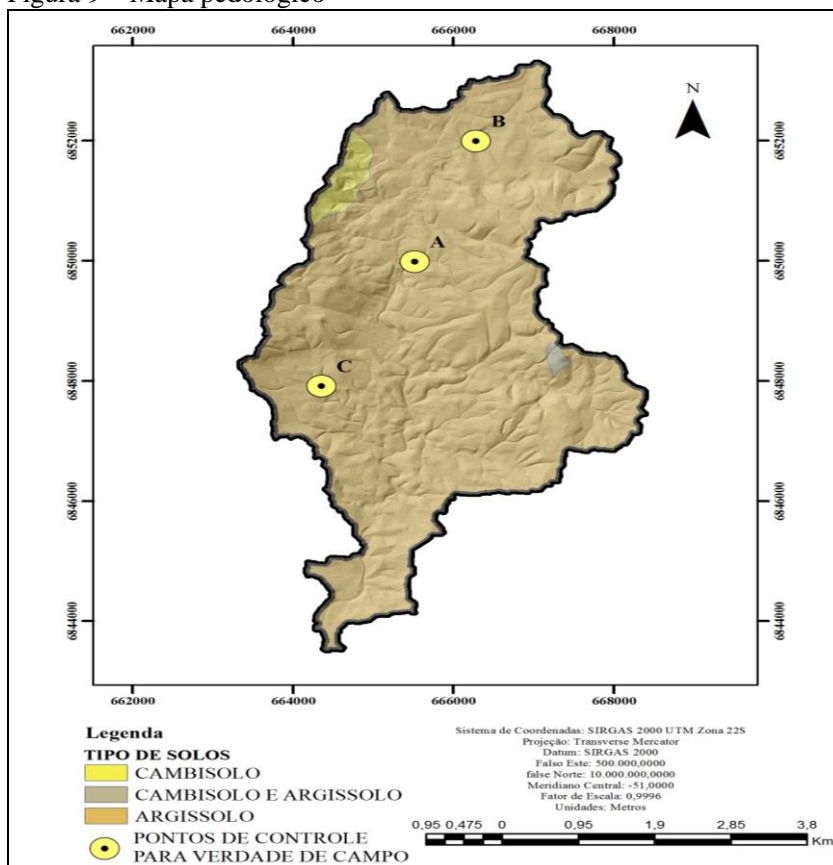
Tabela 10- Distribuição pedológica na bacia do Rio Maior.

Tipo de Solo	Área em Km²	%
Cambissolo	0,60	2,35
Cambissolo e Argissolo	0,10	0,38
Argissolo	24,91	97,26

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Conforme mencionado acima 97,26% da bacia está situada sobre o argissolo, seguido de 2,38% de cambissolo e 0,38% de cambissolo argissolo. Espacialmente, pode-se observar esses solos na Figura 9.

Figura 9 – Mapa pedológico



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

6.1.3 Mapa de uso ocupação da terra

O uso e ocupação da terra é um dos fatores mais importantes quando se trabalha com geoprocessamento buscando uma resposta ambiental, pois retrata o processo de antropização da bacia hidrográfica, esses fatores são amplamente correlacionados em mapas como de declividade, erosão hídrica, riscos de deslizamento e inundação entre outros. Como definido na metodologia 9 (nove) classes de uso e ocupação do solo foram estabelecidas para o entendimento da situação ambiental, a Tabela 11 apresenta os resultados obtidos.

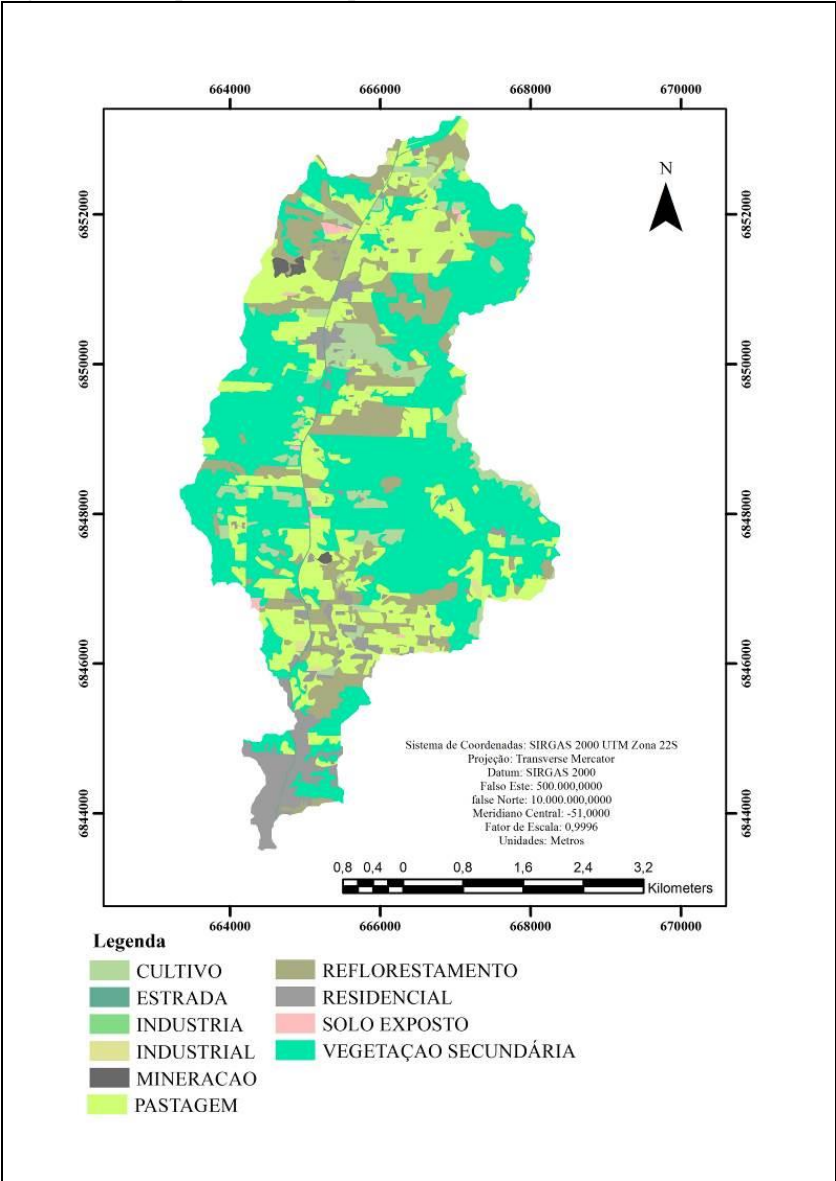
Tabela 11- Distribuição do uso e ocupação da terra da bacia.

Tipo de Uso da Terra	Área em (km²)	(%)
Cultivo	2,13	8,31
Estrada	0,13	0,50
Industrial	0,11	0,43
Mineração	0,10	0,40
Pastagem	6,19	24,20
Reflorestamento	3,91	15,25
Residencial	1,59	6,23
Solo Exposto	0,12	0,47
Vegetação Secundária	11,32	44,20

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Os dados representados acima, que foram obtidos por fotointerpretação, podem ser observados no mapa temático de uso da terra (Figura 10).

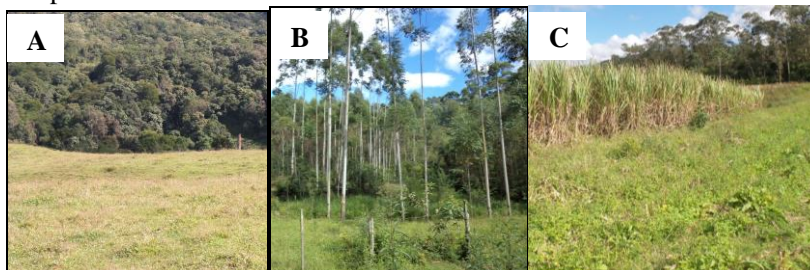
Figura 10 – Mapa de uso e ocupação da terra.



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

A área de estudo possui principalmente vegetação secundária, com 11,32 km² e 44,20 %, o que sugere que mesmo não tendo uma prática de conservação de solo adequada, e que praticamente não há vegetação nativa, essa bacia /APA, possui grande capacidade de regeneração ambiental. A pastagem é constante na paisagem também, sendo que ela contempla 6,19 km² e 24,20% do todo, grande parte dessa pastagem é dedicada a agropecuária bovina, bem como sítios particulares. A Figura 11 (A) apresenta a foto do limite da vegetação secundária com a pastagem.

Figura 11 – (A) Foto do limite da vegetação secundária e pastagem, (B) foto de reflorestamento e (C) práticas de plantio, obtidas em saída de campo datada de maio de 2015.



Fonte: Ladwig e Pereira (2015).

Uma prática forte na formação da paisagem é a do reflorestamento, principalmente de eucaliptos e pinus, correspondendo a 3,91 km² e 15,25% do polígono estudado, segundo informação coletada junto aos proprietários essa prática substituiu o cultivo do fumo e do milho. Apesar da maior rentabilidade as espécies utilizadas no reflorestamento, não são nativas, podendo comprometer o solo e os recursos hídricos foto (B). Apesar do reflorestamento se mostrar bastante presente, ainda há na área de estudo a prática de cultivos, principalmente de milho, mandioca, fumo e cana de açúcar, como apresentado em 2,13 km² e 8,31 % da área Figura 11 (C). As demais áreas correspondem a estrada, indústria, mineração, residencial e solo exposto, que juntos somam 2,05 km² e 8,03% do total.

6.1.4 Mapa de declividade

A bacia possui uma superfície topográfica fortemente ondulada a montanhosa, conforme a Tabela 12, 38,68% da área ou 9,90 km² estão

situados em uma declividade entre 20 a 40%, entre 12 a 20% são fortemente ondulado que corresponde a 26,72% da bacia, 14,66% pertencem a classe suave ondulado a ondulado, que corresponde a 3,75 km², 14,44% indicam presença de um relevo montanhoso acima dos 40% de declividade essa classe contempla 3,70 km² de 0 a 3% e de 3 a 6% indicam uma superfície de várzea, plana ou suave, essas duas classes juntas somam 5,51% e correspondem a 1,41 km². Os dados estão indicados na Tabela 12.

Tabela 12 - Tabela de declividade da bacia do Rio Maior conforme (De Biasi 1993).

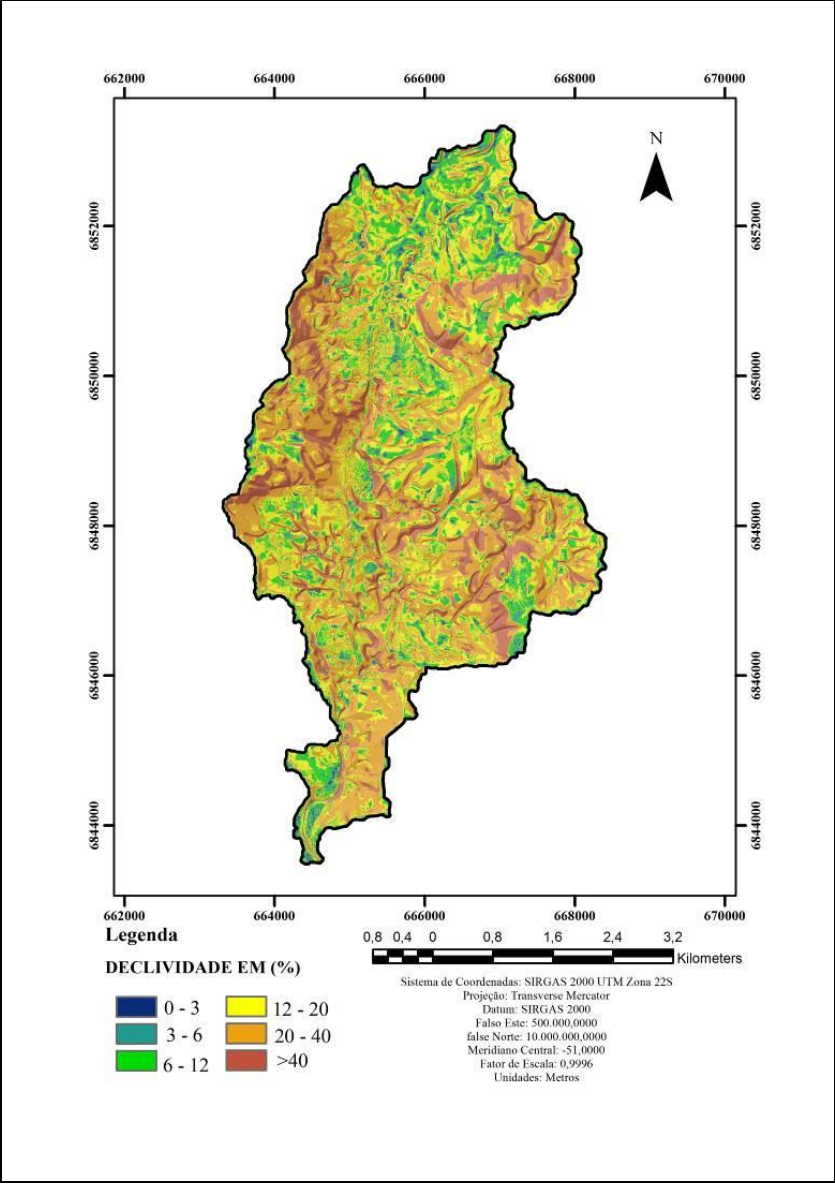
Declividade em (%)	Área em (km²)	Área em (%)	Relevo
0 - 3	0,41	1,61	Várzea
3 - 6	1,00	3,90	Plano a suave ondulado
6 - 12	3,75	14,66	Suave ondulado a ondulado
12 - 20	6,84	26,72	Ondulado a forte ondulado
20 - 40	9,90	38,68	Forte ondulado a montanhoso
> 40	3,70	14,44	Montanhoso

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

O mapa de declividade, apresenta a distribuição espacial dos polígonos das classes de declividade conforme

Figura 12, esse mapa é fundamental para entendimento da distribuição da declividade na bacia, pois apresenta a heterogeneidade entre as classes, a predominância das classes amarela e alaranjado que correspondem a uma declividade entre 12 a 40%, outro fator importante na análise desse mapa é que a hidrografia tem uma característica de encaixe nos pontos de talvegue, que revela uma hidrografia bem encaixada no relevo colaborando para uma boa drenagem dos solos.

Figura 12 – Mapa de declividade



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

6.1.5 Mapa hipsométrico

A altitude média do relevo da área é de 204,5 metros, representando a mediana das classes, observou-se que 35 % da altitude da bacia estão distribuídas em um intervalo de 60 m, entre as altitudes /200 a 260 m, 35 % da altitude da bacia está representada em uma variação de 169 m entre 31 e 200 m, e o restante, 30% varia 180 m. A Tabela 13 representa os valores discutidos, bem como a

Gráfico 1 mostra graficamente a distribuição das altitudes da bacia.

A carta hipsométrica, Figura 13, delimita geograficamente a distribuição das altitudes.

Tabela 13 – Distribuição hipsométrica.

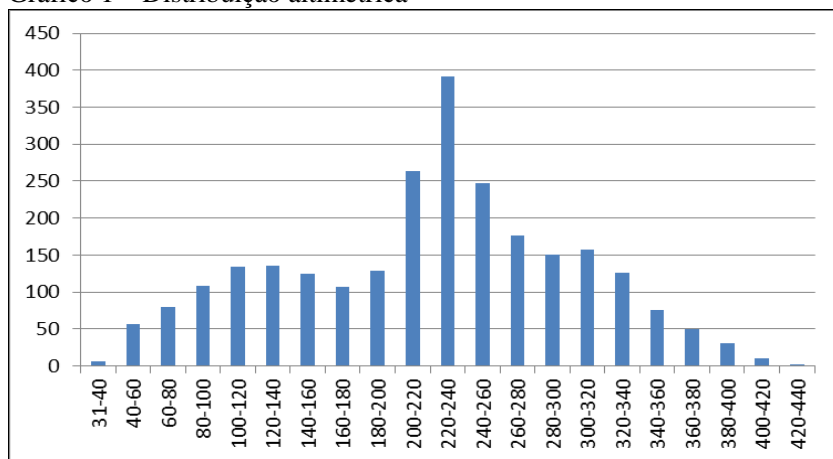
Altitude em (m)	Área (ha)	Área (%)
31-40	6	0,24
40-60	57	2,23
60-80	79	3,10
80-100	109	4,25
100-120	134	5,22
120-140	136	5,30
140-160	125	4,89
160-180	107	4,19
180-200	128	5,01
200-220	264	10,30
220-240	392	15,29
240-260	248	9,68
260-280	176	6,86
280-300	151	5,88
300-320	157	6,13
320-340	126	4,91
340-360	75	2,93
360-380	50	1,96
380-400	30	1,19
400-420	10	0,38

Altitude em (m)	Área (ha)	Área (%)
420-440	1	0,04

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

O gráfico da distribuição altimétrica apresenta as altitudes encontradas no processamento digital do MDT, onde nas colunas estão representadas as áreas de recobrimento da respectiva altitude em (ha) e as linhas representam as altitudes.

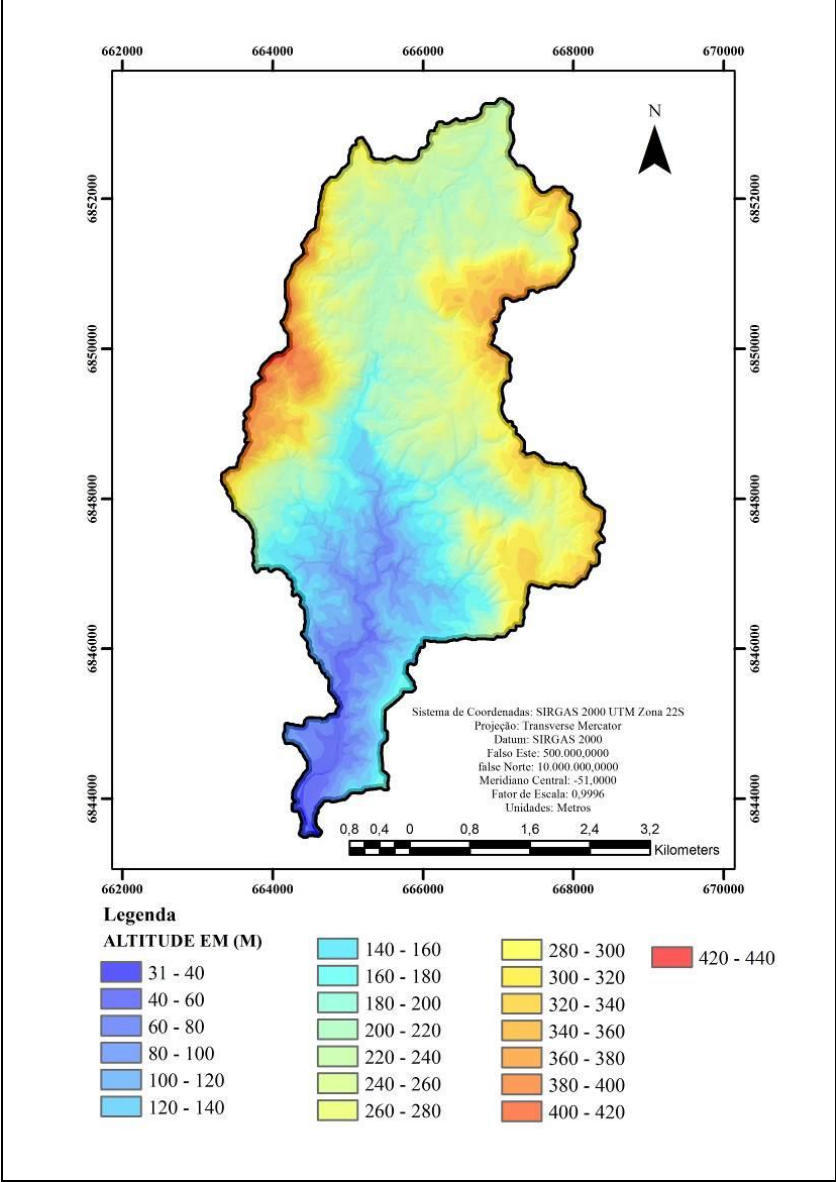
Gráfico 1 – Distribuição altimétrica



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

O mapa hipsométrico foi gerado com classes de 20 em 20 m possibilitando a visualização e quantificação da morfologia da bacia, o que é de fundamental importância para os cálculos referente à erosão hídrica.

Figura 13 – Distribuição da altimetria



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Esses mapas se mostraram muito eficazes quanto a obtenção de dados que pudessem auxiliar para atingir o objetivo principal desse trabalho que é a caracterização hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Maior.

6.2 DADOS MORFOMÉTRICOS

A área medida com auxílio *software ArcMAP 10.2.1*, mostrou que a bacia hidrográfica do Rio Maior possui uma área de 25,61 km² ou 2.560,19 ha. A ferramenta de geoprocessamento também foi utilizado para determinação do Perímetro (P) do limite do polígono da bacia que tem 39,4974 km, outro dado importante para determinar as características hidrológicas é o comprimento Axial (Lx), que corresponde a 9,892 km, o comprimento total de rios (Lt) é de 119,5769 km, o comprimento do rio principal é de 15,498 km, a distância em linha reta que corresponde a distância do ponto em linha reta da nascente a foz (Ev) é de 8,274 (km), a diferença de nível (H) para esse estudo foi de 5 (m), o comprimento total das curvas de nível de 5 em 5 (Lcn) correspondem 1250,17 km, o número total de rios (Nr) é de 591 rios e o (Lb) comprimento médio da bacia é de 10,153. Esses dados são importantes para determinar as outras equações, e foram obtidos utilizando a ferramenta de geoprocessamento e *software ArcGIS 10.2.1*. A Tabela 14 apresenta os dados descritos.

Tabela 14 – Dados morfométricos primários.

Índice	Valor
A - Área da bacia (km ²)	25,61
P -Perímetro da bacia (km)	39,4974
Lx - Comprimento axial (km)	9,892
Lt - Comprimento total de rios (km)	119,5769
L - Comprimento do rio principal (km)	15,498
Ev- Distância nascente - foz (km)	8,274
H - Diferença entre curvas de nível (m)	5
Lcn - Comprimento das curvas de nível (km)	1250,17
Nr -Nº total de rios	591
Lb -Comprimento da bacia (km)	10,153

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Com os dados descritos acima os índices de forma foram calculados para a bacia. O coeficiente de compacidade (K_c) de 2,201 indica que a forma difere do formato circular, pois um coeficiente mínimo igual à unidade corresponde a uma bacia circular, ou seja, não sujeita a grandes enchentes. O fator de forma (K_f) de 0,262 se aproxima do valor de um retângulo com relação comprimento/largura. O índice de circularidade (I_c) corresponde a de 0,206 também indica a forma mais alongada da bacia. De acordo com Miller (1953) e Schumm (1956), o índice de circularidade igual a 0,206 representa um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. Valores maiores que 0,206 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação. Já os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento. O valor máximo para o índice de circularidade é igual a 1,0, e quanto maior o valor, mais próxima da forma circular estará à bacia de drenagem. A Razão de alongação (Rea) corresponde a 0,577 que também não indica uma bacia propícia a grandes enchentes. O índice de comprimento da bacia (I_{Co}) é de 2,007 indicando uma bacia bem alongada, e a largura média de (L_m) 2,588 km. A Tabela 15 apresenta os dados citados.

Tabela 15 – Índices de forma da bacia.

Índice	Valor
K_c - Coeficiente de compacidade	2,201
K_f - Coeficiente de forma	0,262
I_c - Índice de circularidade	0,206
Rea - Razão de alongação	0,577
I_{Co} - Índice entre comprimento e área da bacia	2,007
L_m - Largura média da bacia (km)	2,588

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

A densidade de drenagem (D_d) da área de estudo é de 4,631 km km⁻², o que sugere uma bacia com nível muito alto de densidade de drenagem. A extensão média do escoamento superficial (E_{ms}) corresponde a 0,054 km, valores baixos indicam que a água demora pouco tempo para escoar influenciando no tempo de concentração da bacia. O coeficiente de manutenção é (C_m) 214,088 m² m⁻¹, a densidade de rios ou densidade hidrográfica, indica 23,086 Nr⁻¹ km². O (C_t), ou coeficiente de torrencialidade 107,837, a sinuosidade da bacia é

de (Sin) 1,873 e o índice de sinuosidade é de (Is) 46,612% se classificando como uma bacia classe IV sinuoso.

Analisando o sistema de drenagem pode-se classificar a bacia hidrográfica do Rio Maior como bacia marítima e exorreica (escoamento das águas para o mar) com padrão de drenagem do típico dendrítico. Apresenta rios de até 5ª ordem e os valores do número de canais, comprimento dos canais e a área drenada pelos rios de cada ordem. A Tabela 16 apresenta os dados relacionados aos índices relativos do sistema de drenagem.

Tabela 16 – Índices relativos ao sistema de drenagem

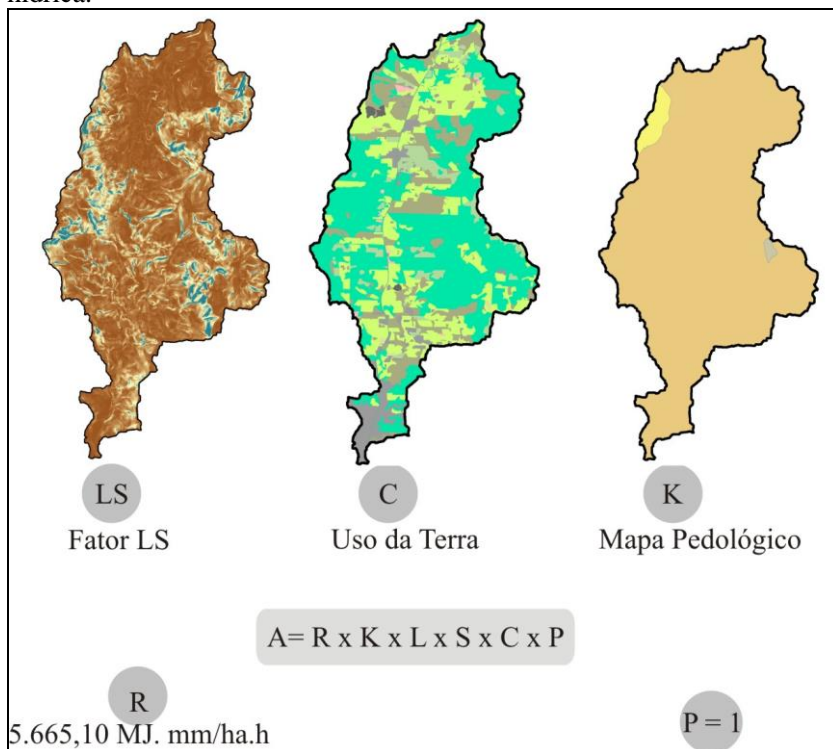
Índice	Valor
Dd- Densidade de drenagem (km/km²)	4,671
Ems- Extensão média do escoamento superficial (km)	0,054
Cm - Coeficiente de manutenção (m²/m)	214,088
Dr- Densidade de rios (Nr/km²)	23,086
Ct- Coeficiente de torrencialidade	107,834
Sin - Sinuosidade	1,873
Is- Índice de sinuosidade (%)	46,612
Classe	Classe IV - Sinuoso

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

6.3 EROSÃO HÍDRICA

O mapa da erosão hídrica obedeceu à metodologia de Wischmeier e Smith (1978) através da (USLE) Equação Universal da Perda de Solo, seguindo os passos e etapas apresentados na Figura 14.

Figura 14 – Representação de etapas para o mapeamento de erosão hídrica.



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Os resultados da álgebra de mapas foi uma classificação que segue os métodos de Carvalho (1994), onde 57,69 %, ou seja, 14,77 km² da bacia está inserida em uma área de erosão nula ou pequena com a perda de 0 à 15 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Na

Figura 15, pode-se observar que essas áreas correspondem às áreas com predominância de vegetação secundária, ou impermeabilizadas. Com perdas de 15 à 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹ Tem-se uma taxa moderada de erosão, que para este estudo, corresponde a 15,89 % e 4,07 km² da área, 3,25 km² de área e 12,70% correspondem a uma erodibilidade de média a forte intensidade isso significa uma perda de solo de 50 à 120 t.ha⁻¹.ano⁻¹. As classes que indicam índices forte muito forte de erosão hídrica são de fato minoria da área, indicando que 5,52 % e 1,41 km² estão sofre forte índice de erosão sendo carregado para os cursos hídricos o montante de 120 à 200 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e acima de 200

t.ha⁻¹ .ano⁻¹ temos 8,20% da área, isso corresponde a 2,10 km² de pontos com alto nível de erosão. Apesar dos níveis mais severos de carreamento de sedimentos para os rios serem minorias das áreas, estão localizados em pontos vulneráveis da bacia, principalmente em locais de expansão urbana e através de processos minerários que colocam o solo em exposição, portanto faz-se necessário estudos de contenção desses polígonos e forte e muito forte intensidade de erosão hídrica para evitar o assoreamento dos cursos d'água que influenciam em todo o sistema hidrológico. Tabela 17 apresenta os dados comentados.

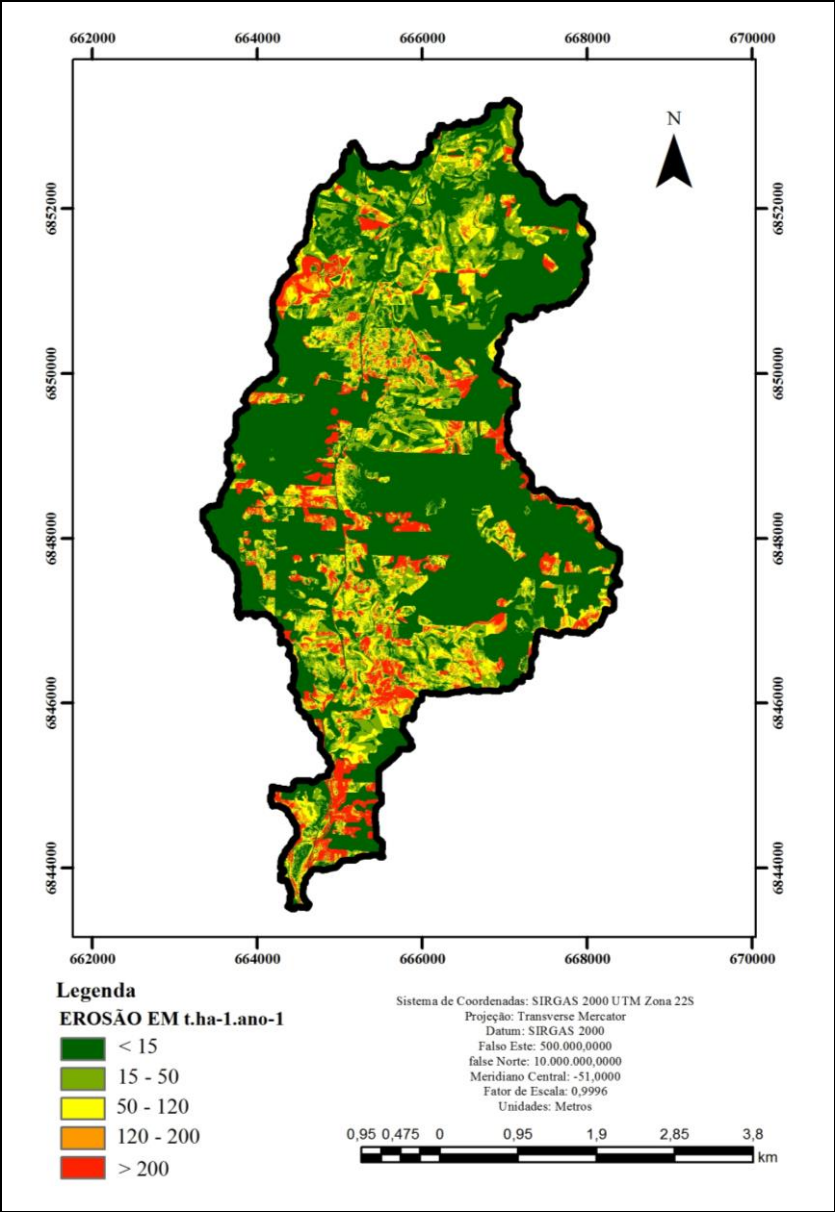
Tabela 17 – Índices da erodibilidade do solo

Classes em t.ha⁻¹ .ano⁻¹	Nível de erodibilidade	Área (Km²)	Área (%)
0 - 15	Nula ou pequena	14,77	57,69
15 -50	Moderada	4,07	15,89
50 - 120	Média a forte	3,25	12,70
120 - 200	Forte	1,41	5,52
> 200	Muito forte	2,10	8,20

Fonte: Adaptado de Carvalho (1994).

Na Figura 15, percebe-se ainda a influência da Rodovia SC 108 que liga Criciúma – Orleans na expansão urbana e consequentemente numa maior fragilidade do sistema de erosão hídrica.

Figura 15 – Mapa de erosão hídrica determinado pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE).



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

6.4 CARTA DE VAZÃO AMBIENTAL $Q_{7,10}$ E CURVA DE PERMANÊNCIA Q_{90} E Q_{95}

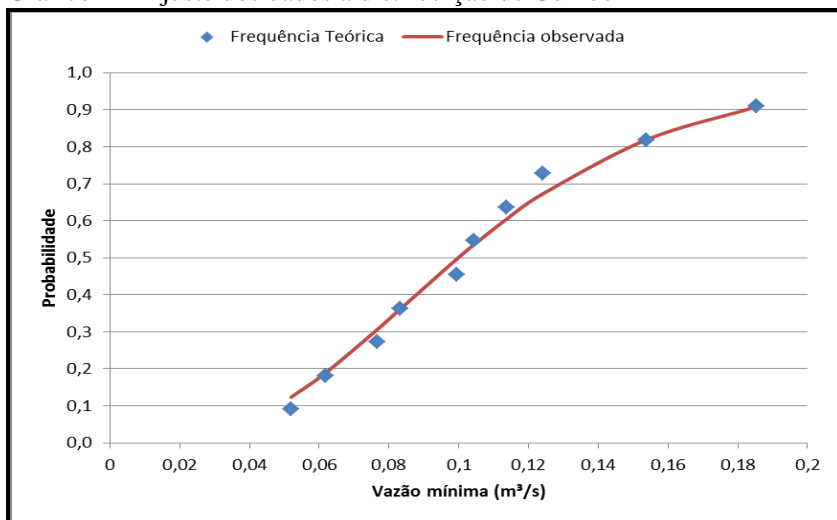
Na Tabela 18 consta a série de mínimas anuais de vazões mínimas com 7 dias de duração estimadas pelo método Silveira (1997) para a bacia do Rio Maior. Na figura 16 consta o ajuste da distribuição de Gumbel a série de vazões mínimas, em que aplicando o teste de Kolmogorov-Smirnov observou-se que houve aderência dos dados a distribuição ajustada ao nível de significância de 5% ($p > 0,05$).

Tabela 18 – Vazão mínima no período de 7 dias.

Ano	Q min 7 dias (m ³ .s-1)
2005	0,154
2006	0,124
2007	0,114
2008	0,062
2009	0,104
2010	0,083
2011	0,077
2012	0,052
2013	0,099
2014	0,185

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Gráfico 2 – Ajuste dos dados a distribuição de Gumbel



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Na Tabela 19 constam as vazões mínimas com 7 dias de duração estimadas para os períodos de retorno de 2, 5 e 10 anos. Observa-se que para o período de retorno de 10 anos o valor da vazão mínima em 7 dias ($Q_{7;10}$) é de 0,029 m³/s ou 29 L. s⁻¹. Aplicando o critério de proporcionalidade de área obtém-se o mapa da Figura 19 onde pode-se observa o valor de $Q_{7;10}$ para cada uma das ottobacias.

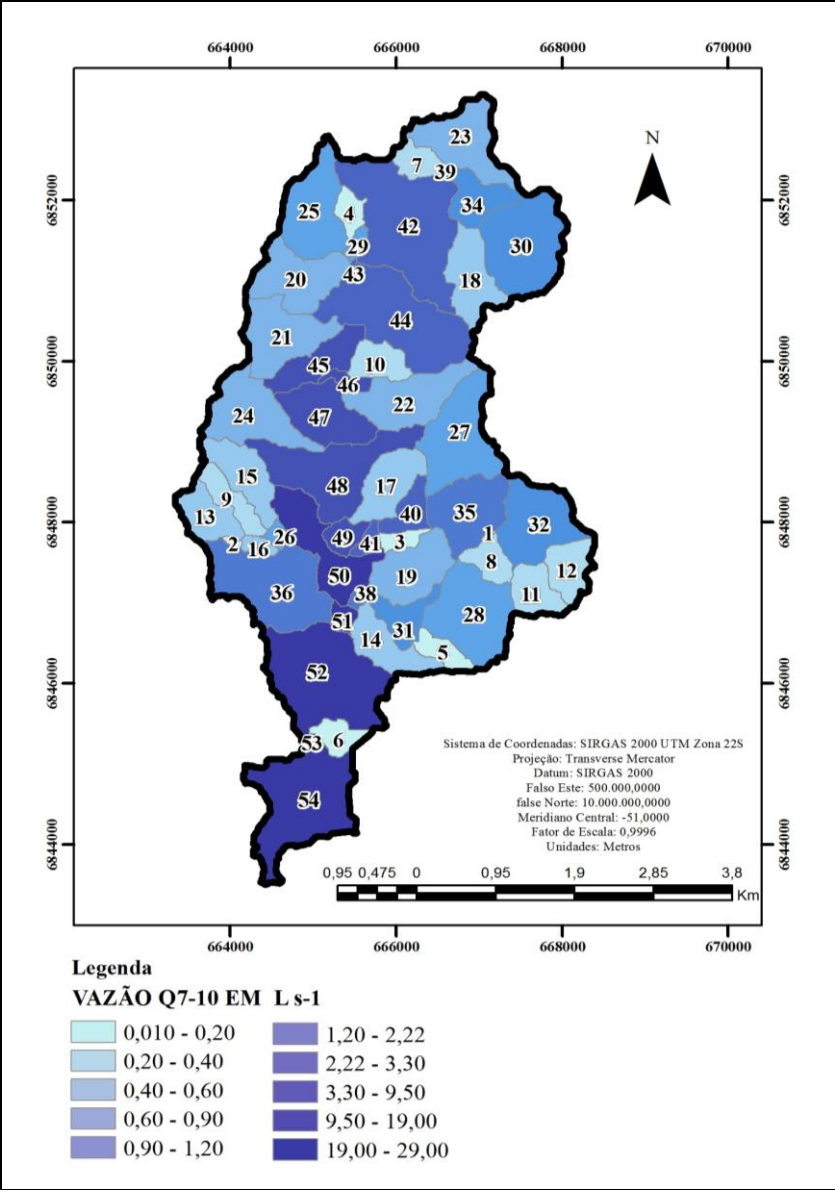
O mapa de vazão ambiental é muito importante para as decisões quanto ao planejamento hídrico da bacia, pois indicará a vazão de outorga e vazão de exutório como em pequenas centrais hidroelétricas por exemplo. Esse mapa também indica em uma escala grande as vazões que devem ser respeitadas, a Figura 16 apresenta o mapa de vazão ambiental com suas respectivas vazões em L. s⁻¹.

Tabela 19 – Vazão mínima no período de 7 dias.

Período de retorno	Q vazão mínima em 7 dias (m³/s)
2	0,111
5	0,062
10	0,029

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

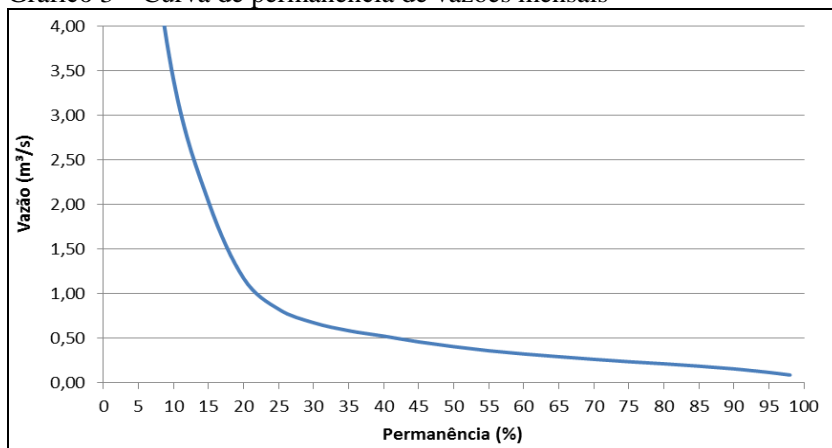
Figura 16 – Mapa de vazão ambiental Q₇₋₁₀ obtido pelo método de Silveira (1997).



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Na Tabela 20 e Gráfico 3 constam as frequências de vazões mensais para a bacia do Rio Maior. Observa-se que as vazões com frequências de 90 e 95 % são respectivamente de 0,159 e 0,119 m³/s. Na tabela 19 constam os respectivos valores para cada uma das ottobacias cujos valores podem ser usados no planejamento dos recursos hídricos e como critérios para vazão ecológica ou vazão sanitária.

Gráfico 3 – Curva de permanência de vazões mensais



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Tabela 20 – Tabela de permanencia Q_{90} e Q_{95} e vazão ambiental das ottobacias hidrograficas inseridas na bacia do Rio Maior em L. s⁻¹.

Nº da Ottobacia	Vazão 90%	Vazão 95%	Vazão Q_{7-10}
1	0,06	0,04	0,01
2	0,15	0,11	0,03
3	0,66	0,50	0,12
4	0,93	0,70	0,17
5	1,19	0,89	0,22
6	1,21	0,90	0,22
7	1,32	0,99	0,24
8	1,40	1,05	0,25
9	1,67	1,25	0,30
10	1,76	1,32	0,32
11	2,03	1,52	0,37

Nº da Ottobacia	Vazão 90%	Vazão 95%	Vazão Q₇₋₁₀
12	2,17	1,62	0,40
13	2,30	1,72	0,42
14	2,73	2,04	0,50
15	3,00	2,24	0,55
16	3,01	2,25	0,55
17	3,04	2,28	0,55
18	3,43	2,57	0,63
19	3,87	2,89	0,71
20	4,33	3,24	0,79
21	4,41	3,30	0,80
22	4,51	3,38	0,82
23	4,54	3,40	0,83
24	4,83	3,62	0,88
25	4,93	3,69	0,90
26	5,02	3,76	0,92
27	5,73	4,29	1,04
28	5,88	4,40	1,07
29	6,35	4,75	1,16
30	6,47	4,84	1,18
31	8,86	6,63	1,62
32	8,96	6,71	1,64
33	10,42	7,80	1,90
34	12,22	9,14	2,23
35	14,72	11,02	2,68
36	15,34	11,48	2,80
37	15,46	11,57	2,82
38	15,74	11,78	2,87
39	18,09	13,54	3,30
40	21,92	16,40	4,00
41	23,14	17,32	4,22
42	28,40	21,26	5,18
43	39,11	29,27	7,13

Nº da Ottobacia	Vazão 90%	Vazão 95%	Vazão Q ₇₋₁₀
44	52,08	38,98	9,50
45	56,53	42,31	10,31
46	61,65	46,14	11,24
47	70,38	52,68	12,84
48	80,02	59,89	14,60
49	104,19	77,98	19,00
50	124,32	93,04	22,67
51	140,23	104,95	25,58
52	150,66	112,76	27,48
53	150,81	112,87	27,51
54	159,00	119,00	29,00

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

6.5 ANÁLISE E GESTÃO AMBIENTAL

Esse trabalho representa a importância dos estudos hidrológicos e ambientais em bacia e área de preservação ambiental (APA), apresentando dados que servirão de base para o planejamento sustentável. A área de estudo tem uma característica atípica dentre as outras bacias que compreendem a bacia do Rio Urussanga, uma vez que apresenta potencial para abastecimento público. Segundo o IBGE (2014), Urussanga possui uma população de 20.223 habitantes, que de acordo com Von Sperling (1995) consomem de 110 a 180 litros por habitante diariamente.

O estudo aponta uma vazão Ambiental Q₇₋₁₀ de 29 L. s⁻¹ e a Q₉₀ corresponde à 159 L. s⁻¹. Com base nestes dados, pode-se afirmar que há 130 L. s⁻¹ de água disponíveis para os diferentes tipos de uso. Considerando as necessidades apontadas por Von Sperling (1995), essa quantidade seria suficiente para o abastecimento de 62.400 pessoas, população maior que a população atual de Urussanga.

Alerta-se para o fato de que os recursos hídricos vizinhos encontram-se comprometidos principalmente em função das atividades relacionadas à mineração. Sendo assim, esta reserva de água assume importância para a população e o meio ambiente.

Dentre as principais normativas que norteiam os recursos hídricos no Brasil está a Lei n. 9.433/97, que estabelece os critérios que devem ser utilizados para viabilizar a implantação da Política Nacional de

Recursos Hídricos. Esta Lei traz os seguintes instrumentos de gestão: i) os Planos de Recursos Hídricos; ii) o enquadramento dos corpos de águas em classes de usos preponderantes; iii) a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos; iv) a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; v) a compensação aos municípios; vi) Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os mecanismos de gestão dependem de sistemas que possam ser desenvolvidos discutidos e aplicados de forma a subsidiar às necessidades da comunidade e do meio ambiente.

Os dois primeiros instrumentos indicados pela Lei n. 9.433/97 têm por objetivo a construção de consensos na bacia hidrográfica e são fundamentais numa fronteira de união mais complexa para a gestão de recursos hídricos, que é sua integração com a gestão territorial. Ao serem definidas as funções da bacia hidrográfica em um plano com seus objetivos, haverá, por consequência, uma modificação da gestão territorial, pois algumas atividades poderão ser incentivadas e outras proibidas, conforme seu impacto sobre os recursos hídricos. Neste sentido faz-se a ressalva que esse plano deverá ser discutido principalmente no que diz respeito a expansão urbana e o excessivo pastoreio do solo, pois é fato o elo de ligação da alta erosão hídrica da bacia hidrográfica do Rio Maior com a urbanização e com as práticas minerárias.

Para que a função do plano de bacia seja exercida adequadamente, os agentes públicos responsáveis devem estar bem organizados e equipados, tanto na utilização de dados fundamentais para tomada de decisão quanto em relação às estruturas de fiscalização e monitoramento, de modo a assegurar que os condicionantes estabelecidos na determinação da vazão ambiental Q_{7-10} de 29 L.s^{-1} esteja sendo respeitada, garantindo a estabilidade e preservação hídrica daquele ecossistema.

O município de Urussanga deverá implementar políticas, principalmente no que diz respeito ao uso e ocupação da terra, de modo a preservar várzeas, nascentes e outras áreas sensíveis.

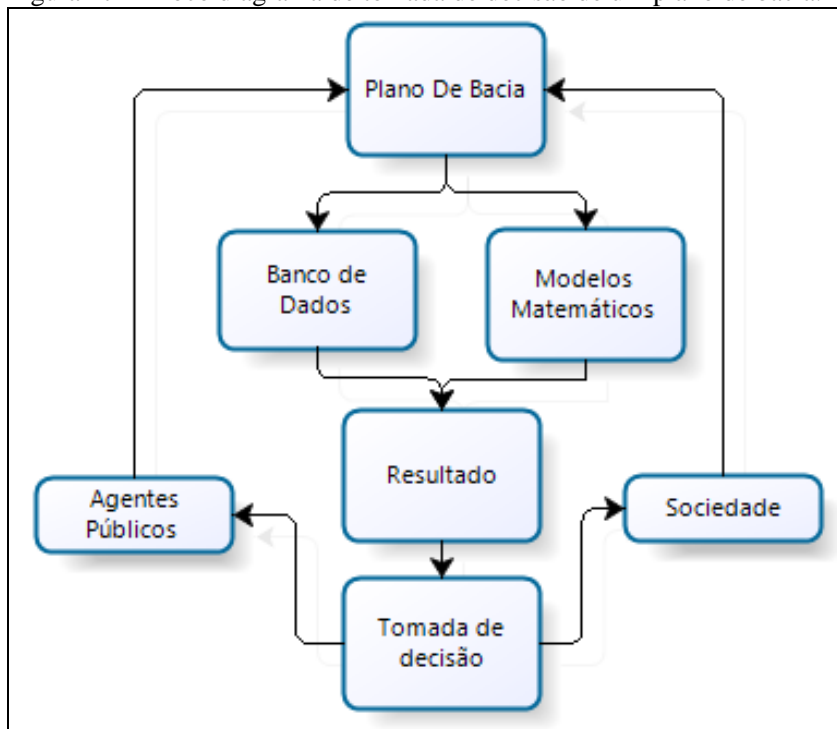
O sexto instrumento da Lei 9433/97, sistemas de informação, é a base primordial para a efetiva aplicação de todos os demais processos da gestão. A decisão baseada em informações confiáveis é uma decisão qualificada, onde mitiga o ato de equívocos.

O último processo de gestão é tomar decisões sobre o uso dos recursos hídricos de uma bacia e aplica-las com eficácia. Os fatores natureza e social são fundamentais, como a participação pública, a realização de campanhas explicativas, promoção de programas de

educação ambiental, porém é primordial que decisões de boa qualidade dependam de informações técnicas confiáveis e de ferramentas que lhes de suporte. Pensando nisso que o Sistema Nacional de Recursos Hídricos cita explicitamente os Sistemas de Informações como um de seus instrumentos de gestão. O processo de gestão necessita de ferramentas computacionais que permitam o acesso imediato aos dados da bacia hidrográfica como os apresentados nesse estudo, que possibilitem a avaliação rápida e eficaz dos cenários atuais e futuros. É importante que os dados sejam armazenados de forma segura. Para isso, há necessidade de utilização de *softwares* capazes de compor um banco de dados. Um ou mais responsáveis devem ser capacitados para atualizar e manter esse sistema de informação. Os dados não costumam serem significativos isoladamente, para o processo de gerencia, as informações são essenciais. A transformação de dados em informações pode ser um processo como o demonstrado nesse estudo, com a utilização de modelos matemáticos. O SIG demonstrou ser uma ótima ferramenta para subsidiar os anseios de organização e gerenciamento de dados, esse sistema deve compor um bom plano de bacia, garantindo o rápido acesso das informações como erosão hídrica, morfometria, vazão ambiental, além das informações integradas dos mapas básicos, onde se pode obter resultados quanto ao tipo de solo, declividade, relevo, hidrografia entre outros.

Aliando dados geométricos, alfanuméricos e atributos como imagens e *links* que possam enriquecer esse sistema. A Figura 17 resume a tomada de decisão baseado em um sistema eficiente de dados e informações.

Figura 17 – Bloco diagrama de tomada de decisão de um plano de bacia.



Fonte: elaborado pelo autor (2015).

Os recursos hídricos da bacia podem servir como fonte para energia elétrica, agricultura, pecuária e principalmente para consumo humano e da biodiversidade, porém um planejamento da bacia deve ser discutido e trabalhado.

7 CONCLUSÃO

Os mapas base estruturados em ambiente de SIG apresentaram os dados preliminares para determinação dos fatores hidrológicos da bacia hidrográfica do Rio Maior.

i) O mapa de declividade, apresentou os dados referentes ao tipo de relevo da área que possui sua maior parte sob a superfície ondulada a motanhoso, representando 65,40 % da área com declividade de 12 à 40 %

ii) Na determinação do mapa hidrológico, chegou-se a ramificação do sistema hídrico de 5ª ordem, bem encaixado na topografia.

iii) A altitude média determinada no mapa hipsométrico 204,5 m, variando entre as altitudes 31 m e 440 m.

iv) A pedologia determinada em campo foi considerada de acordo com o mapeamento pedológico que indica uma predominancia do tipo Argissolos,

v) /O Mapa de uso e ocupação da terra apresentou uma maior área sob a classe da vegetação secundária com 44,20% de recobrimento, seguido de pastagem e reflorestamento, respectivamente com as 24,20% e 15,25% da área;

A erosão hídrica da bacia, apresentou em um modo geral de pequena a moderada perda de particulas de solo, 57,69% corresponde a uma perda de 0 a 15 t.ha⁻¹.ano⁻¹, e 15,89% de 15 a 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹, porém mesmo com a determinação desses valores, observou-se a influencia da ocupação desordenada nos pontos de maiores níveis de erosão, que correspondem a 5,52% com forte erodibilidade de 120 a 200 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e 8,20% com níveis maiores que 200 t.ha⁻¹.ano⁻¹.

Quanto a morfometria da área, o coeficiente de compacidade (Kc) foi 2,201 e o fator de forma (Kf) de 0,262, a (Rea) razão de alongação corresponde a 0,577, ou seja, não sujeita a grandes enchentes. O índice de circularidade (Ic) é 0,206 também indicando uma forma mais alongada da bacia, representando um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas, o índice de comprimento da bacia (ICo) é de 2,007 e a largura médias (Lm) 2,588 km.

A densidade de drenagem (Dd) da área é de 4,631 km km⁻², definindo um alto nível de densidade de drenagem. A extensão média do escoamento superficial (Ems) é de 0,054 km. A sinuosidade da bacia é

de (Sin) 1,873 e o índice de sinuosidade é de (Is) 46,612% o que indica a classe IV sinuoso. O sistema de drenagem é classificada como uma bacia marítima e exorreica (escoamento das águas para o mar) com padrão de drenagem predominante é do típico dendrítico.

A vazão ambiental Q_{7-10} da bacia é de 29 L. s⁻¹, com vazões que Q_{90} e Q_{95} de 159 e 119 L. s⁻¹.

Para melhorar a qualidade ambiental dessa área, bem como preservar os recursos ambientais que ainda permanecem, um plano de bacia deve ser elaborado, visando a preservação da água e do solo.

Por fim o presente estudo apresenta uma fonte de dados sobre os recursos hídricos, subsidiando a tomada de decisões em diversas frentes, seja na determinação da vazão de outorga, seja no estudo de um novo zoneamento de uso do solo, ou até mesmo para estudos ligados a geração de energia elétrica ou consumo humano e animal de água.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2005) – **Glossário de Termos Hidrológicos**. Disponível em:
<<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHiricos/tecnologiaCapacitacao/tecnologiaglossario2>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

_____. **Sistema de Informações Hidrológicas**. 2015. Disponível em:
<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/redehidro.aspx>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

ARAUJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

BACK, Álvaro José. Análise Morfométrica da Bacia do Rio Urussanga - SC. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Urussanga - SC, n. 2, p.107-115. 2006.

_____. **Bacias Hidrográficas**: Classificação e caracterização física (com o programa HidroBacias para cálculos). Florianópolis: Epagri, 2014, 162p.

BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas** – modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.

BENETTI, A.D.; LANNA, A.E.; COBALCHINI, M.S. (2003). Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, abr.-jun, p. 149 169.

BIELENKI JÚNIOR, Cláudio; BARBASSE, Paceli Ademir. **Geoprocessamento e recursos hídricos: Aplicações Práticas**. São Carlos: EdUFSCAR,2012. 257p.

BRASIL. Constituição (1997). **Lei nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001,

de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 08 jan. 1997.

_____. Constituição (2002). **Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002**. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza SNUC, e dá outras providências. Brasília, DF, 22 ago. 2002.

_____. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2013. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_uso_da_terra.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

CARVALHO, E. A.; ARAÚJO, P. C **Leituras e Interpretações Estatísticas I**. EDUFRRN. Natal – RN, 2014.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. CPRM, Rio de Janeiro, 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. 1980. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blücher. 188p.

D'ALGE, Julio Cesar Lima. **Cartografia para Geoprocessamento**. São José dos Campos: Inpe-8079-pre/3894, 2001. 33 p.

DE BIASE, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista de Geografia**, São Paulo, v.6, p.45-60, 1993.

ELETROBRÁS. DNAEE (1985). **Manual de microcentrais hidroelétricas**. Brasília, Ministério de Minas e Energia.

HORTON, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. of Amer. Bul.** v.56, n.3, p.275-370.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=421900&search=%7Curussanga>>. Acesso em: 02 maio 2015.

LADWIG, Nilzo Ivo; SCHWALM, Hugo. **Espaço Urbano Sustentável: Planejamento, Gestão Territorial, Tecnologia e Inovação..** Criciúma: Insular, 2012. 264 p.

_____. **Planejamento e Gestão Territorial: Reflexões Interdisciplinares.** Cap VII. LADWIG e GONÇALVES: Mapeamento de áreas de risco uma necessidade na gestão territorial Florianópolis: Insular, 2014. 272 p.

LISBOA FILHO, Jugurta. **Introdução a SIG - Sistemas de Informações Geográficas.** Jugurta Lisboa Filho. - Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1995.

LOCH, N. E. Ruth. **Cartografia** - Representação, comunicação e visualização de dados espaciais. Editora da UFSC. Florianópolis, 2006, 314p.

MANSIKKANIEMI, H. The sinuosity of rivers in northern Finland. **Publicationes Instituti Geographici Universitatis Turkuensis**, 1970, v. 56, n. 52, p.16-32. .

MIRANDA, Renato Billia de; SCARPINELLA Gustavo D’Almeida; KUWAJIMA Julio Issao; MAUAD Frederico Fábio. **Práticas de manejo para proteção do solo contra a erosão.** Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2012.

MOSCA, A.A.O. Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

OLIVEIRA, A. H.; Silva, M. A.; Silva, M. L. N.; Avanzi, J. C.; Curi, N.; Lima, G. C.; Pereira, P. H. 2012. **Caracterização ambiental e predição dos teores de matéria orgânica do solo na Subacia do Salto.** Extrema, MG. Semana: Ciências Agrárias, Londrina, v.33, n.1, p.143-154.

PEREIRA, Aloisio Rodrigues. **Determinação da perda de solo.** Boletim técnico – Deflor Bioengenharia. Belo Horizonte, 2006. v.1, n.1, 20p.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. **Curso de Gestão Ambiental.** São Paulo: Manole Ltda, 2004. 1045 p.

PORTO Monica F. A.; PORTO Rubem La Laina. **Gestão de Bacias Hidrográficas.** Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. Cidade Universitária - SP, 2008.

RIBEIRO, Rogerio Pinto. Avaliação das alterações na rede de drenagem de sub-bacias hidrográficas da porção média da bacia do rio Capivari (SP): escala 1:25.000: Subsídio para o Planejamento Integrado. 2002. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotécnia, Escola de Engenharia, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2002.

ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento:** Tecnologia Transdisciplinar. Juiz de Fora: do Autor, 2000. 220 p.

SALDANHA, M. F. S Validação de dados geográficos espaciais em ambiente orientado a objeteto, Porto Alegre: Tese de mestrado, 2005.

SANTA CATARINA. SDS - Secretaria de Desenvolvimento Sustentável. **Levantamento aerofotogramétrico é entregue aos municípios do Sul de SC.** 2013. Disponível em: <<http://sc.gov.br/index.php/mais-sobre-desenvolvimento-economico/764-levantamento-aerofotogrametrico-e-entregue-aos-municipios-do-sul-catarinense>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos et al.. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2013.

SCHULTZ, L. A. **Métodos de conservação do solo.** Porto Alegre: SAGRA S.A., 1983. 74 p.

SCHUMM, S. A. 1956. The evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy. **Geol Soc America Bulletin.** v. 67, p.597-646.

SEBUSIANI Helena Rennó Vianna; BETTINE Sueli do Carmo. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. v. 7, n. 1, p. 256-285, jan-abr/2011, Taubaté, SP, Brasil.

ESTADO DE SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina: Diagnóstico Geral**. Florianópolis, 1997. 163p.

SHAO, Q.; CHEN Y. D.; ZHANG, L. (2008). An extension of three-parameter Burr III distribution for low-flow frequency analysis. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 52, p. 1304-1314.

SILVA, E. R. Abordagem multicriterial difusa como apoio ao processo decisório para a identificação de um regime de vazões ecológicas no baixo curso do Rio São Francisco. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana). Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, 2010.

SILVA, I. F. T. **Noções Básica de Cartografia**. IBGE. Rio de Janeiro, 1998.

SILVEIRA, Alexandre; MOURA, Rubem Mauro Palma de; ANDRADE, Nara Luísa Reis de. Determinação da Q7,10 para o rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil e comparação com a vazão regularizada após a implantação do reservatório de aproveitamento múltiplo de manso. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental. Punta del Este – Uruguay, 2006.

SILVEIRA, G. L. Quantificação de vazões em pequenas bacias hidrográficas com carência de dados fluviométricos. Tese de Doutorado, UFSM. 123p. 1997.

SOARES FILHO, Britaldo Silveira. **Curso de Especialização em Geoprocessamento**. Minas Gerais: Departamento de Cartografia Centro de Sensoriamento Remoto, 2000.

SOUZA, Simeí Ribeiro de; MELLO, Leonardo Freire de. Análise do uso e ocupação do solo em um trecho da zona norte do município de

São José dos Campos - SP. **Caderno de Geografia**, São José dos Campos, v. 22, n. 37, p.1-17. 2012.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area altitude) analysis of erosional topography. **Geol. Soc. Amer. Bulletin**, 1952, v.63, n. 10, p. 1117-1142.

TAMIOSSO, M. F Avaliação do método Silveira com uso de dois modelos chuva-vazão para estimativa de disponibilidade hídrica em pequenas bacias com pequena amostragem de vazão. Santa Maria-RS. Tese de Mestrado, 2012.

TUCCI, Carlos E. M.; MENDES, Carlos André. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. 2. ed. Brasília: República Federativa do Brasil, 2006. 302 p.

TUCCI, C. (org.) **Hidrologia** – ciência e aplicação. Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre, 2000.

URUSSANGA (Município). Constituição (1998). **Lei nº 1.665, de 27 de novembro de 1998**. Cria área de Proteção Ambiental do Rio Maior e Dá Outras Providências. 1. Ed.

VALVASSORI, Morgana Levati; BACK, Álvaro José. Avaliação do potencial erosivo das chuvas em Urussanga, SC, no período de 1980 a 2012. **Rev. Bras. Ciênc.** Solo. 2014, v. 38, n.3, pp.1011-1019.

VILELA JR, Alcir; DEMAJOROVIC, Jacques. **Gestão Ambiental: Desafios e Perspectivas para as Organizações**. São Paulo: Senac, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw-Hil do Brasil. 1975. 245p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol. 1. Editora UFMG, 1995.

WISCHMEIER, W. H.; Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. U.S Department of Agriculture, **Agriculture Handbook**, n. 537, p. 1-58, dez. 1978.

WMO. The Dublin Statement and Report of the Conference.
International Conference on Water and the Environment: Development
Issues for the 21st Century. 26-31 January 1992. Dublin, Ireland.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos
institucionais. **Rev. Adm. Púb.**, v.27, n.2, p.5-18, 1993.

ZIMBACK, C. R. L. **Cartografia**. Botucatu: Unesp. 2003. 22 p.
Disponível em Disponível em:
<<http://www.fca.unesp.br/intranet/arquivos/Apostila%20Cartografia>>.
Acesso em: 12 jun. 2013.